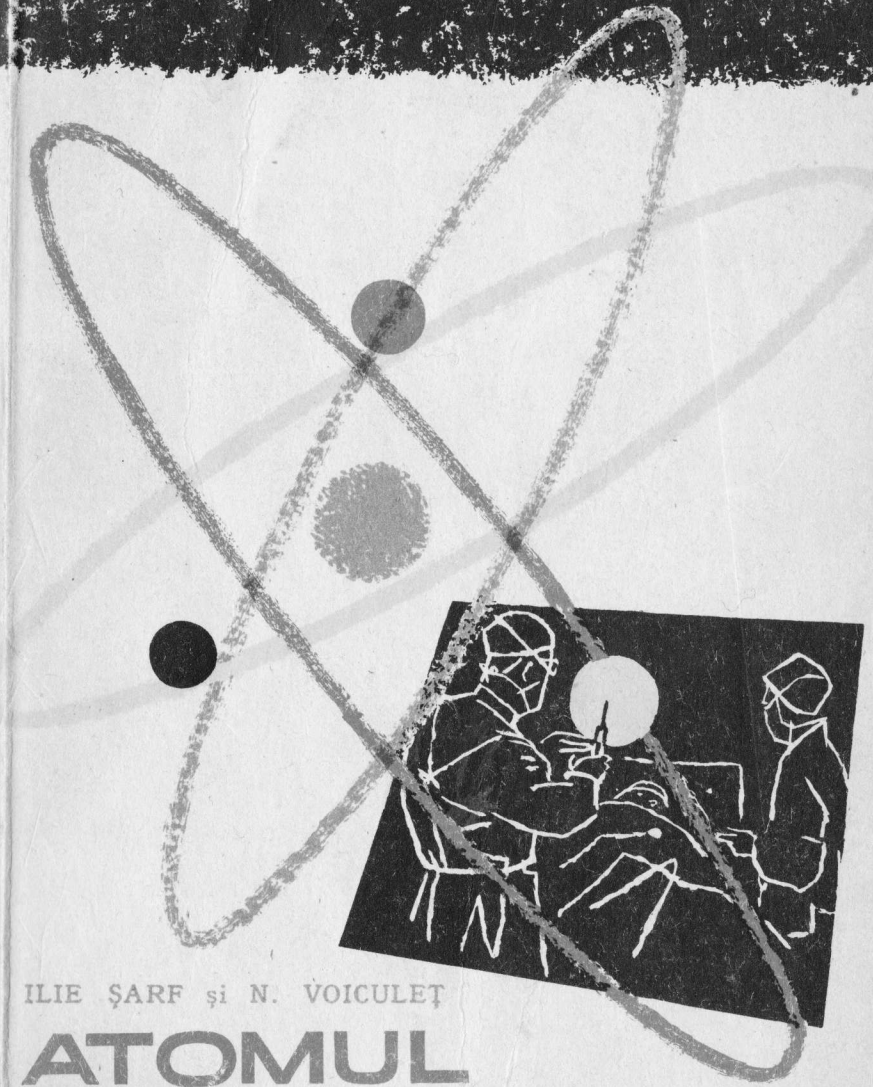
știința învinge



ILIE ȘARF și N. VOICULEȚ

ATOMUL ÎN SLUJBA VIEȚII

EDITURA TINERETULUI

10 lei

În această colecție au mai apărut:

ATANASIU M. L.
Mecanica pentru tineret

BĂNEANU AL.
Secretul inventatorilor

FABRE J. H.
Din lumea insectelor

HODAKOV I.
Povestiri despre substanțe invizibile

IOSUB B.
Omul constructor

RACOVIȚĂ EM.
Spre Sud

TĂUTU P.
În luptă cu microbii

Vor mai apare:

COSTIN H.
Minunile transfuziei

GAMOV G.
Unu, doi, trei... infinit

ȘTEFAN I. M.
Călătorie în univers.

TOTH I.
Stele, atomi, oameni

Lei 4,25

INTRODUCERE

Numeroase și uimitoare sînt progresele realizate de știința și tehnica secolului nostru. Ce cale lungă a străbătut omul de la uneltele de piatră pînă la mașinile electronice de calculat, de la cavernele întunecoase pînă la măreţele construcţii ale zilelor noastre, de la tam-tam și focurile de semnalizare pînă la radio și televiziune! Un sentiment de justificată mîndrie și admiraţie te cuprinde cînd privești minunata evoluţie a gîndirii omenești. Omul a izbutit să smulgă, rînd pe rînd, multe din tainele naturii, ajungînd treptat să-și întindă tot mai deplin stăpînirea asupra ei.

Dar de bună seamă că cea mai însemnată dintre descoperirile extraordinare ale omenirii este descoperirea energiei nucleare și a posibilităţilor de a o folosi în interesul omului.

Din nefericire, însă, această uriașă forţă poate fi utilizată și ca unealtă de distrugere, care poate să abată asupra globului pămîntesc o urgie cumplită, cum n-a mai existat. Bombardarea oraşelor japoneze și experienţele ulterioare au dovedit năprazznica forţă de distrugere a armelor nucleare.

De aceea, majoritatea oamenilor leagă începuturile erei atomice de drama de la Hiroşima și Nagasaki din august 1945, cînd secretele acestei noi forţe de distrugere s-au înscris pe cer și în conștiinţa oamenilor.

Mulți uită că încă nu de mult, în pacea marilor laboratoare, fizica nucleară se pusese în slujba tainelor vieții. Încă de la descoperirea razelor X și a radioactivității naturale (radiu), științele medicale au avut în mînă acea armă de preț în tratamentul unei boli necruțătoare: cancerul. Izotopii radioactivi au fost puși de mai bine de trei decenii în slujba cunoașterii proceselor vitale. În 1923, folosindu-se de faptul că radiul D, element cu proprietăți asemănătoare plumbului, emite radiații, Hevesy studiază unele procese la plante. Un an mai tîrziu, thoriul, un alt element natural radioactiv, cu proprietăți asemănătoare bismutului, este folosit în cercetările de dermatologie, iar Blair-Bell studiază, cu ajutorul radiului D, diferențele dintre țesutul normal și cel canceros.

Descoperirea deuteriului, izotopul greu al hidrogenului, în 1932 de către Urey dă cercetărilor de fizică nucleară un nou avînt.

În anul următor, Irène și Fréderic Joliot Curie descoperă radioactivitatea artificială care are un răsunet imediat în științele medicale și biologice. Apoi, prin construirea ciclotronului în 1934 de către Lawrence, posibilitatea de preparare a izotopilor radioactivi artificiali deschide cîmpul larg al cercetărilor și aplicării acestor substanțe în medicină.

Din 1935, Chievitz și Hevesy urmăresc distribuirea fosforului radioactiv în unele organe și țesuturi animale. De atunci, seria marilor descoperiri în biologie și medicină a rămas deschisă și nenumărați cercetători din diferite țări se înscriu cu cinste printre cei care au folosit, în cele mai bune scopuri, energia nucleară.

Încă de la începuturile acestei descoperiri, ea a fost folosită în medicină pentru studiul proceselor vitale, în diagnosticul clinic și în tratamentul unor boli. Aceste trei căi pe care merge noua latură

a medicinei contemporane sînt încă la începuturile lor.

Publicitatea — adeseori nelalocul ei — a îndemnat pe oameni să creadă că puterile energiei nucleare în domeniul medicinei sînt nelimitate și că ea va aduce dezlegarea tuturor enigmelor.

Dar ea este doar unul dintre multiplele mijloace pe care medicina și biologia le au la îndemînă pentru cunoașterea vieții, pentru apărarea sănătății omului. Nu trebuie să cerem totul și să așteptăm totul numai de aici.

Descoperirea radioactivității a fost folosită de la început în scopuri pașnice. Aplicarea ei în scopuri militare este o crimă împotriva omenirii.

Împotriva uneltirilor războinice ale celor mai înrăiți dușmani ai omenirii, care amenință cu războiul atomic, se ridică, asemenea unui zid de nebiruit, voința sutelor de milioane de luptători pentru pace. Uniunea Sovietică, luptătoare neobosită pentru interzicerea armelor nucleare și folosirea energiei atomice numai în scopuri pașnice, se află în fruntea acestei mișcări de o amploare pe care istoria nu a cunoscut-o niciodată pînă în prezent.

Forța imensă care sub forma bombelor atomice și de hidrogen ar pustii orașe și regiuni întregi, poate să devină un prieten al omului, ajutîndu-l să stăpînească mai deplin forțele oarbe ale naturii. Cu ajutorul ei, omul va putea să obțină mai multe bunuri necesare vieții. Munca fizică va putea fi ușurată în asemenea măsură, încît omul va deveni cu adevărat stăpînul Universului.

Pierre Curie, la conferința ținută în 1903, cu ocazia decernării Premiului Nobel pentru descoperirea radioactivității naturale, descoperire făcută împreună cu soția sa Marie Curie, avertizează lumea de pericolul pe care-l poate prezenta această forță. El spune: „Se înțelege că în mîna unor criminali radiul poate să devină extrem de primejdios și atunci

se naşte întrebarea dacă omenirea are un folos de pe urma cunoaşterii unor secrete ale naturii, dacă este destul de coaptă pentru a profita de ele, sau dacă această cunoaştere nu-i va fi dăunătoare... Eu sînt dintre cei care gîndesc împreună cu Nobel, că omenirea va avea mai mult bine decît rău de pe urma noilor descoperiri".

Deci, se pune problema că partea bună a acestei descoperiri trebuie ajutată să se dezvolte cît mai mult, ca sămînţa roditoare, pentru binele omenirii.

Perspectivele luminoase pe care le oferă folosirea paşnică a energiei nucleare însufleţesc omenirea progresistă de pretutindeni. Energia nucleară, cea mai de seamă descoperire a epocii noastre, trebuie să fie şi să rămînă un aliat al omului.

Cunoaşterea problemelor legate de energia nucleară devine o necesitate pentru orice om care trăieşte aceste zile de început ale măreţei ere atomice.

Datele prezentate în această carte reprezintă numai o slabă reflectare a muncii perseverente plină de sacrificii dusă de nenumăraţi savanţi şi cercetători din toate colţurile lumii. În ea s-au urmărit, în special, acele trei scopuri despre care s-a vorbit mai sus, din dorinţa de a lămuri şi a informa tineretul iubitor de ştiinţă asupra celor mai importante probleme de biologie şi medicină rezolvate cu ajutorul radioizotopilor.

Cum şi în ţara noastră începe acum o muncă susţinută pentru asigurarea bazelor materiale ale cercetării ştiinţifice cu radioizotopi, nu este imposibil ca unii dintre cititorii de astăzi să devină colaboratorii noştri de mîine.

AUTORII

VĂ PREZENTĂM EROUL ACESTEI CĂRŢI

Înainte de a vorbi despre numeroasele utilizări ale energiei nucleare în medicină, este necesar să dăm răspuns la cîteva întrebări care se nasc în mod firesc în mintea fiecăruia dintre noi, atunci cînd vorbim despre uriaşa energie conţinută de atomi.

Ce este această energie? Ce se înţelege prin „folosirea ei în medicină"? Cum ar putea oare folosi cantitatea imensă de energie eliberată de atomi, acelora care încearcă să recunoască boala, să o vindece şi, mai cu seamă, să împiedice ivirea sa?

În această parte de început a cărţii să ne oprim, într-un mic popas, şi să facem cunoştinţă mai de aproape, cu personajul principal al acţiunii: atomul.

ATOMUL, PE CARE NIMENI NU L-A VĂZUT

Acum douăzeci şi cinci de veacuri, pe ţărmurile „mării divine", Mediterana de astăzi, filozofii greci, Leucip şi Democrit, au inventat cuvîntul ATOM.

Ei exprimă pentru prima oară în istorie, ideea că lumea materială este alcătuită din unirea acestor particule invizibile.

„Totul se compune din atomi... Lucrurile se deosebesc între ele prin atomii din care sînt compuse, prin ordinea și poziția lor..." scria Democrit.

Cum ? o să spuneți, oamenii cunoșteau atomul de pe atunci ?

Cunoștință — am putea răspunde — foarte vagă și foarte puțin asemănătoare cu aceea pe care o avem astăzi despre atomi. Acești filozofi din vechime spuneau că toate lucrurile cunoscute sînt formate din părticele foarte mici — pe care ochiul nu le poate vedea, și care nu se pot „tăia", nu se pot diviza. Aceste părticele erau numite atomi, denumire provenită de la cuvîntul grecesc *A TOM*, adică indivizibil. Ei considerau că într-un lucru, într-o substanță, atomul are o poziție, o formă și o mișcare anumită. El nu are nici culoare, nici miros, nici gust. Toate aceste calități ale lucrurilor depind de aranjamentul și mișcările diferite ale atomilor.

Iată ce spunea Democrit : „...nu este decît o aparență că un lucru are o culoare, nu este decît o aparență că el e dulce sau amar. În realitate, el nu are decît atomi și spațiu vid..." Și pentru că el era filozof și nu experimentator, argumenta aceste fapte în felul următor : „...așa cum tragedia și comedia pot fi scrise cu aceleași litere, la fel evenimente foarte diferite pot fi realizate în lume de aceiași atomi dacă ei ocupă poziții diferite, execută mișcări diferite".

Aceste idei interesante au fost reluate și dezvoltate și de către Platon după care ele au fost date uitării și locul lor a fost luat de alte idei care au stăpînit sfîrșitul antichității și mai ales întreg evul mediu.

După o abandonare de aproape 2000 de ani, primul cercetător care reînvie teoria atomică din antichitate este francezul François Gassendi. Gassendi, filozof și teolog, care trăiește în prima jumătate a secolului al XVII-lea, reia doctrina lui Democrit asupra compoziției lucrurilor, dîndu-i un aspect net materialist. De la Gassendi și pînă la începutul secolului al XX-lea s-au înregistrat multe succese în domeniul științelor experimentale. Însă problema constituției materiei, a atomului, începe a fi rezolvată abia în secolul nostru.

În esență, în concepția modernă asupra constituției materiei, se regăsește postulatul antic că atomul este cea mai mică particulă în care poate fi împărțit orice element. Atomii elementelor își păstrează proprietățile caracteristice și diferă unii de alții prin structura lor internă.

Însă astăzi noi știm că atomii nu sînt cele mai mici particule, și că la rîndul lor ei se compun din părticele mai mici. Dacă frecăm, de pildă, un obiect din sticlă cu o bucată de pînză sau de mătase, nenumărați (miliarde) atomi de la suprafața sticlei își pierd electronii — fapt care se trădează prin aceea că obiectul de sticlă devine încărcat cu electricitate și poate atrage mici bucăți de hîrtie (fapt constatat în antichitate cu 500 ani î.e.n. de Thales din Milet). Iată un mod foarte simplu de a „smulge" din atomi părticele mai mici ca ei. E drept însă că

în acest caz este vorba de o divizare foarte superficială care abia „zgîrie" atomul.

În urma cercetărilor făcute, îndeosebi în secolul nostru, se cunosc foarte multe lucruri despre atomi, deși sînt atît de mici încît dacă un gram de funingine ieșită pe coșul locomotivei s-ar răspîndi uniform pe toată suprafața pămîntului, la fiecare centimetru pătrat ar reveni cîteva zeci de mii de atomi de carbon, iar dacă ar fi vorba de un gram de fier, pe fiecare centimetru pătrat al suprafeței pămîntului, ar reveni cîte două mii de atomi.

Atomul este alcătuit din particule, de mai multe feluri și al căror număr variază de la un atom la altul. Pentru a înțelege structura atomilor, să facem cunoștință mai întîi cu cel mai simplu și de altfel cel mai bine studiat atom. Este vorba de atomul hidrogenului — acel gaz mai ușor decît aerul, care arde foarte ușor și care era utilizat pentru umplerea baloanelor.

Să presupunem că avem un microscop extraordinar de puternic care ne-ar îngădui să vedem organizarea unui astfel de atom. Examinînd atomul de hidrogen, ne-am convinge că e format, în total, numai din două particule. Una din ele e încărcată cu electricitate pozitivă și se numește „proton". Cealaltă este încărcată cu electricitate negativă și este denumită „electron". Electronul se învîrtește cu o iuțeală foarte mare în jurul protonului. Protonul, care alcătuiește nucleul atomului de hidrogen, este o particulă avînd masa [1]

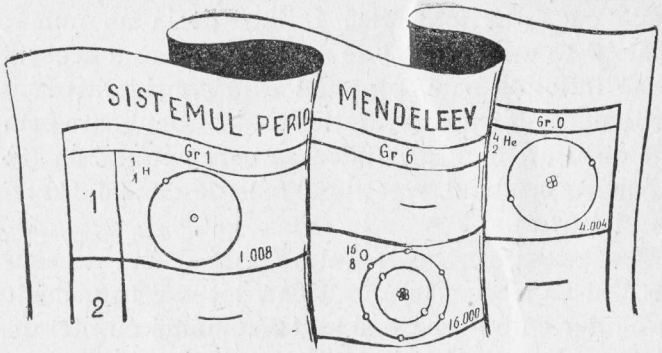
[1] În practică masa particulelor elementare se exprimă în unități de masă atomică, care pentru proton este egală cu 1,00758 sau aproximativ egală cu 1.

egală cu $1 : 16.10^{23}$, adică 1 împărțit la un număr egal cu 16 urmat de 23 de zerouri. Chiar cu această masă infinitesimală, protonul este considerat ca o particulă grea, în comparație cu electronul care este atît de ușor, încît greutatea sa este neglijabilă (în raport cu protonul, electronul este de circa 1.840 de ori mai ușor).

Deocamdată lucrurile pot să pară destul de simple. Dar să trecem la un alt gaz, tot mai ușor decît aerul, dar care nu arde și nu se combină cu nici un alt corp. Este vorba de heliu, unul din gazele rare (nobile). Acesta e format, de asemenea, dintr-un nucleu și din electroni ce se rotesc în jurul nucleului. În nucleul heliului vom întîlni însă, de data aceasta, pe lîngă protoni, o nouă particulă, grea ca și protonul dar care nu este încărcată cu electricitate și din care cauză aceasta a primit denumirea de „neutron". Nucleul atomului de heliu este format din doi protoni și doi neutroni. Cu acest nucleu ne vom mai întîlni și în viitor, sub denumirea de helion sau particulă alfa.

Numărul electronilor care se învîrtesc în jurul nucleului este egal cu cel al protonilor. În acest fel, electricitatea pozitivă a nucleului este neutralizată de cea negativă, a electronilor. Atomul, deși conține electricitate, este neutru.

În chimie se știe că, pentru a însemna pe scurt elementele se folosesc inițialele numelor lor (simbolul). De pildă, heliul se înseamnă, simplu, He. Dacă vrem însă să-i dăm „semnalmentele complete", sau mai bine zis, să-i alcătuim un „buletin



Structura şi locul atomilor de hidrogen, heliu şi oxigen în sistemul lui Mendeleev

de identitate", vom scrie astfel : $^{4}_{2}$He. Cifra 2 însemnează : doi protoni, iar 4, patru particule grele în nucleu. Numărul protonilor (în cazul de faţă, 2) se numeşte „numărul atomic" şi se notează cu Z. Numărul total de protoni şi neutroni din nucleu poartă denumirea de „număr de masă" al elementului, şi se notează cu A. Scăzînd numărul protonilor din numărul de masă vom afla cu uşurinţă numărul neutronilor. De pildă, pentru He, care are Z = 2, iar A = 4 ; 4 — 2 = 2. Deci nucleul de He conţine 2 neutroni. Datorită faptului că protonul şi neutronul au masa aproape egală cu unitatea, numărul de masă al elementului reprezintă numărul întreg cel mai apropiat de greutatea atomică a elementului.

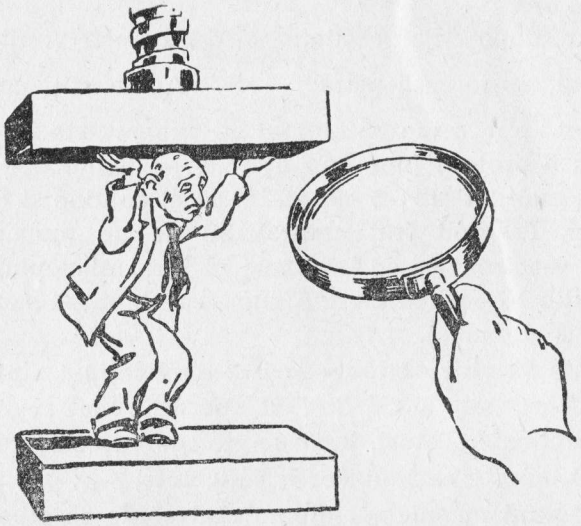
Şi acum, înainte de a trece mai departe, să mai dăm un exemplu. Să zicem, atomul oxigenului, un

gaz care, după cum se ştie, este de nelipsit vieţii. Oxigenul se notează astfel : $^{16}_{8}$O. Acum ştiţi ce însemnează aceasta : că atomul de oxigen este format din 8 protoni (numărul atomic) şi făcînd operaţia de mai sus (16—8=8) aflăm că el conţine şi 8 neutroni. Protonii sînt neutralizaţi de un număr egal de electroni ce se învîrtesc în jurul nucleului format din 16 particule grele (numărul de masă sau greutatea atomică).

Trebuie să ştiţi că toate aceste explicaţiuni sînt foarte elementare şi că, de fapt, lucrurile sînt ceva mai complicate. Totuşi, pentru înţelegerea celor ce urmează, aceste noţiuni vor fi suficiente.

În legătură cu nucleul atomului, trebuie să ştim că el are un diametru de 100 000 de ori mai mic decît diametrul atomului. În acest nucleu, după cum am văzut, se găseşte condensată cea mai mare parte a masei atomului. Aceasta ne arată că în materie, pe care noi o vedem ca o masă compactă, sînt locuri pline şi locuri goale (spaţiul vid al lui Democrit). Pentru a ne da cu uşurinţă seama de existenţa acestor spaţii goale [1] sau vide, cum se mai numesc, să luăm un exemplu. Ştim că organismul nostru e format din diferiţi atomi care sînt înlănţuiţi într-o diversitate de necuprins în moleculele complexe ale substanţei vii. Dacă am putea comprima aceşti atomi, care formează masa organismului, fără să

[1] S-a demonstrat în ultimul timp că acest spaţiu vid este străbătut de o serie de cîmpuri electrice şi magnetice create de particulele atomice.



Dacă s-ar putea comprima... ființa noastră materială s-ar reduce, pur și simplu, la un „fir de praf" abia vizibil

lăsăm spațiu liber între nucleele lor, ființa noastră materială s-ar reduce, pur și simplu, la un „fir de praf" abia vizibil, cu ajutorul unei lupe. Trebuie să știți că acest „fir de praf" va avea o greutate corespunzătoare organismului care a fost comprimat (adică aproximativ 70 kg.) Atomii apar astfel ca fiind constituiți mai ales din spațiu gol, avînd întreaga lor masă concentrată în nucleu.

Am reușit, destul de sumar, să ne facem o idee de ansamblu asupra structurii atomului. Rutherford, unul dintre primii savanți atomiști, compara modelul atomului pe care l-a elaborat, pe bună dreptate, cu sistemul nostru planetar. Sîmburele central, nu-

cleul atomului, ar fi soarele, în jurul căruia se învîrtesc pe orbite, la anumite distanțe, electronii, pe care-i aseamănă cu planetele. Între nucleu și electroni ar fi un spațiu gol, așa cum între soare și planete se găsește spațiul interplanetar.

Electronii care planează în jurul nucleului nu sînt prea greu de îndepărtat. Toate reacțiile chimice au loc datorită schimbului de electroni periferici care leagă atomii în molecule complexe, formînd miile de compuși chimici care există în natură. Electronii dintr-un metal se pot smulge destul de ușor prin încălzire la o anumită temperatură. De asemenea, lumina care cade pe anumite metale, poate smulge electroni de pe suprafața acestora. Acest fenomen, cunoscut sub numele de efect fotoelectric, are o sumedenie de aplicații practice.

În schimb, este foarte greu să desfaci nucleele atomice sau să acționezi asupra lor.

Ați putea în acest loc să ne puneți o întrebare care la prima vedere pare foarte naturală. De ce sînt atît de stabile nucleele atomice? În definitiv — o să spuneți dumneavoastră — ar părea mai normal să fie invers. În alcătuirea nucleelor atomice am văzut că intră neutroni, neutri din punct de vedere electric și protoni, care sînt încărcați cu electricitate pozitivă. Ar fi deci foarte firesc ca acești protoni să se respingă puternic între ei, dat fiind că sarcinile de același semn se resping conform unei bine cunoscute legi fizice.

Observația e justă. Totuși, rămîne faptul că majoritatea nucleelor atomice sînt foarte stabile. Ex-

Ernst Rutherford (1871 — 1937), fondatorul cercetărilor asupra constituției atomului. Laureat al Premiului Nobel în 1908 pentru fizică

plicația este că în nuclee mai acționează așa-numitele „forțe nucleare", niște forțe de atracție speciale, foarte mari. Ele întrec cu mult, în general, forțele electrice de respingere dintre protoni.

SĂ FACEM CUNOȘTINȚĂ CU IZOTOPII

Și acum, să vedem cum se petrec lucrurile în natură. Să zicem că am putea cerceta hidrogenul, atom cu atom.

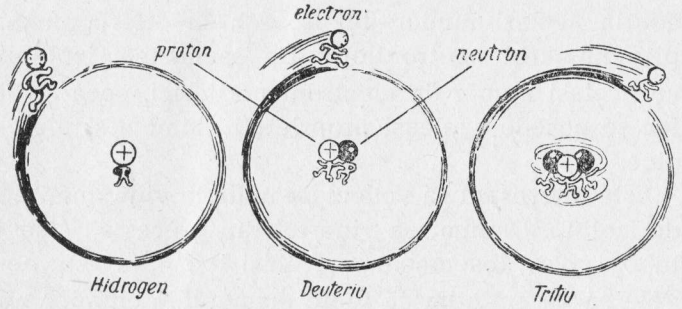
Iată, așadar, atomi de hidrogen cu alcătuirea lor cunoscută : un proton în nucleu, un electron care se învîrtește împrejurul său. Atomi mulți, milioane, miliarde... cînd... stop ! Ce-i asta ? Curios ! Atomul acesta de hidrogen are tot un electron la periferie, dar în schimb, nucleul cuprinde două particule grele : una e proton, cealaltă un neutron. Am putea scrie deci : $^{2}_{1}H$. Este, așadar, un atom de hidrogen mai greu decît cel obișnuit. Ce-o mai fi și asta ?

Ce să fie ? Nu-i altceva decît „hidrogenul greu" sau „deuteriul", descoperit de către Urey în 1932. Deosebirea dintre deuteriu și hidrogenul simplu este că deuteriul conține în plus un neutron care-i lipsește hidrogenului. Iată dar că aici avem de-a face cu două feluri de atomi de hidrogen, doi „izotopi". Deuteriul este un izotop al hidrogenului. El are același număr atomic (1), în schimb greutatea sa atomică este alta (2 în loc de 1). În natură, hidrogenul este întotdeauna format dintr-un amestec foarte intim de acești doi izotopi. Mai recent s-a descoperit și un al treilea fel de hidrogen care cuprinde în nucleu trei particule grele — doi neutroni și un proton. Acesta s-a numit tritiu. Ca însușiri chimice, izotopii nu se prea deosebesc între ei. Ei se pot identifica sau chiar separa cu ajutorul unui aparat special numit spectrograf de masă. Trebuie să știți că cea mai mare parte din hidrogenul din natură este format din $^{1}_{1}H$ (99,98%), vechea noastră cunoștință. Deuteriul se întîlnește în pro-

porții extrem de mici (0,02%) iar tritiul se prepară numai pe cale artificială, în natură găsindu-se în cantități infinit de mici. Spre deosebire de izotopul ușor al hidrogenului, care a păstrat ca simbol chimic litera H, deuteriul se notează, de obicei, cu D sau $^{2}_{1}$H, iar tritiul cu T sau $^{3}_{1}$H. În timp ce hidrogenul și deuteriul sînt izotopi stabili, tritiul este un izotop nestabil, radioactiv, de ale cărui proprietăți ne ocupăm ceva mai departe.

Se știe că apa e alcătuită din doi atomi de hidrogen și unul de oxigen. Dacă cei doi atomi sînt formați din izotopul mai greu (deuteriu), se obține în loc de H_2O, compusul notat D_2O care se numește „apă grea". Apa grea se deosebește de apa obișnuită prin multe însușiri fizice, deși aspectul ei este asemănător cu al apei obișnuite. Astfel, greutatea ei moleculară este 20, în loc de 18 (greutatea moleculară a apei obișnuite). Apa grea îngheață nu la 0 grade Celsius, ci la 3,8 grade Celsius. Ea fierbe nu la 100, ci la 101,42 grade Celsius. O deosebire însemnată există, în ceea ce privește însușirile sale biologice. S-a dovedit că în apa grea semințele nu încolțesc, iar microbii, mormolocii și peștii pier.

Dar... un moment. Organismul nostru este format, în proporție de aproximativ 60%, din apă. V-ați putea pune întrebarea: ce s-ar întîmpla dacă s-ar înlocui apa aceasta ordinară, cu apă grea? Cercetătorii au trecut fără întîrziere să dea răspuns aces-



Izotopii hidrogenului

tei întrebări. Astfel, s-a dat unor șoareci să bea, zi de zi, apă grea. Apa grea s-a răspîndit în tot organismul și se părea că șoarecii se împăcau destul de bine cu ea. Mai mult, cercetîndu-se generațiile următoare s-a constatat că apa grea a fost transmisă, obținîndu-se astfel o generație de șoareci „grei".

Iată deci cîte schimbări poate să producă micul neutron care s-a introdus în nucleul atomului de hidrogen, transformîndu-l în deuteriu, în „izotopul greu" al hidrogenului.

Cazul hidrogenului nu este un caz special. Multe, foarte multe elemente sînt de fapt formate din mai multe „tipuri" de atomi care au aceleași însușiri chimice, dar ale căror greutăți atomice sînt diferite. Acești „gemeni" din lumea atomilor sînt numiți de oamenii de știință „izotopi".

Așadar, prin izotopi înțelegem două sau mai multe elemente care au același număr atomic, însă posedă mase atomice diferite. Nucleele izotopilor

conţin acelaşi număr de protoni. Ei diferă numai prin numărul neutronilor. De asemenea, izotopii au acelaşi număr de electroni periferici, ceea ce îi fac să posede aceleaşi proprietăţi chimice şi biologice.

Este interesant să vedem de unde le vine numirea de izotopi. Denumirea vine tot din greceşte : „isostopos", care înseamnează „acelaşi loc". Nu este nevoie să vă amintim că toate elementele chimice au fost clasificate într-un tabel de către marele chimist rus D.I. Mendeleev. În tabelul lui Mendeleev se găsesc grupate toate elementele chimice naturale. Din aceste elemente, combinate între ele în mod diferit şi în diferite proporţii, sînt alcătuite nenumăratele obiecte şi fiinţe din întregul univers.

În tabelul lui Mendeleev fiecare element chimic ocupă o anumită căsuţă, indicată prin numărul atomic[1]. Izotopii aceluiaşi element ocupă cu toţii aceeaşi căsuţă. Astfel, hidrogenul, deuteriul şi tritiul se află în aceeaşi căsuţă. Pentru ce ? Pentru că nu e vorba de elemente chimice deosebite, ci de acelaşi element cu acelaşi număr atomic. Din punct de vedere chimic, după cum am mai spus, între izotopi nu există nici o diferenţă.

Majoritatea elementelor chimice care se găsesc în natură sînt alcătuite din mai mulţi izotopi. (Numai 21 dintre ele nu au izotopi). În natură se găsesc mai mult de 300 de izotopi ai elementelor naturale.

[1] Prin recenta descoperire a nobeliului, numărul lor se ridică la 102.

Astfel, bromul este un amestec în proporţii aproape egale de doi izotopi : $^{79}_{35}$ Br şi $^{81}_{35}$ Br. Unul dintre izotopi are deci 44 de neutroni (79 minus 35), iar celălalt are 46 de neutroni (81 minus 35). În cazul carbonului, majoritatea covîrşitoare (98,9%) se află în natură sub formă de $^{12}_{6}$ C şi numai o proporţie infimă (1,1%) se află sub formă de $^{13}_{6}$ C. Oxigenul posedă trei izotopi : $^{16}_{8}$ 0, $^{17}_{8}$ 0 şi $^{18}_{8}$ 0. Fierul posedă patru izotopi : $^{54}_{26}$ Fe, $^{56}_{26}$ Fe, $^{57}_{26}$ Fe şi $^{58}_{26}$ Fe. Staniul s-a dovedit a fi cea mai „prolifică" familie, numărînd 10 izotopi, în nucleele cărora cei 50 de protoni sînt asociaţi cu un număr de neutroni care variază de la 62 pînă la 74. Aceşti izotopi se numesc stabili, pentru că ei rămîn în natură totdeauna neschimbaţi şi în proporţii care, în mod practic, sînt invariabile.

POVESTEA UNEI ZILE ÎNNORATE

Trebuie să ştim totuşi că nu chiar toţi izotopii naturali (care se întîlnesc în natură) sînt stabili. Dintre cei peste 300 izotopi naturali, aproximativ 40 sînt nestabili. Aşa sînt toate elementele care se găsesc în tabloul periodic după poloniu, adică cele cu un număr atomic mai mare de 84.

Elementele de la sfîrşitul tabloului periodic
(elemente radioactive naturale)

Nr. atomic	Simbol	ELEMENTUL
84	Po	Poloniu
85	At	Astatin
86	Rn	Radon (emanaţie)
87	Fr	Franciu
88	Ra	Radiu
89	Ac	Actiniu
90	Th	Thoriu
91	Pa	Protactiniu
92	U	Uraniu
93	Np	Neptuniu
94	Pu	Plutoniu
95	Am	Americiu etc.

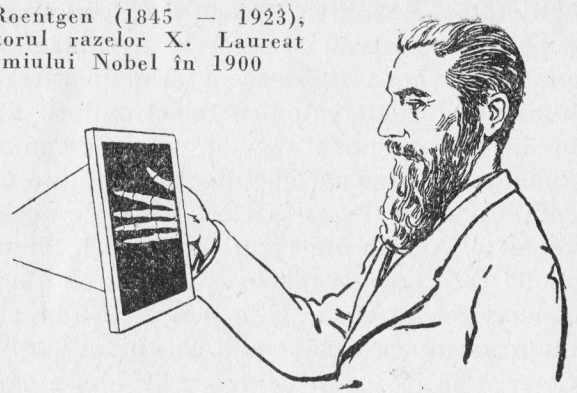
Aceste elemente, izotopii lor şi izotopii cîtorva elemente cu număr atomic mai mic (rubidiu, potasiu, samariu, taliu, plumb şi bismut) constituie elementele nestabile naturale. Nestabilitatea lor dă naştere unei proprietăţi speciale, care se observă la elementele cu o structură mai complexă şi care a fost denumită radioactivitate.

Dar... ce este radioactivitatea? De unde vine, ce înseamnă ea?

Descoperirea tuturor faptelor legate de radioactivitate nu s-a făcut dintr-o dată. Toate întîmplările prin care au trecut oamenii de ştiinţă, pentru a ajunge la cunoaşterea însuşirilor substanţelor radioactive şi la folosirea lor, ar putea forma un material suficient pentru un adevărat roman de aventuri. De aventuri ştiinţifice, bineînţeles. De aceea, nu vom putea da decît pe scurt istoria plină de interes a acestei descoperiri.

S-au împlinit 62 de ani de cînd fizicianul german Wilhelm Konrad Roentgen a făcut faimoasa sa

W. K. Roentgen (1845 — 1923), descoperitorul razelor X. Laureat al Premiului Nobel în 1900



descoperire: razele X. Ceea ce a stîrnit curiozitatea întregii omeniri şi ceea ce a adus servicii imense medicinii, a fost descoperirea efectului pe care-l au aceste radiaţii cînd străbat organismul nostru.

Era în noaptea de 8 noiembrie 1895 cînd, singur în laboratorul său, Roentgen are curiozitatea să vadă ce se întîmplă cu razele sale (pe care le producea într-un tub Crookes de descărcări electrice), atunci cînd străbat corpurile materiale. Vîrîndu-şi mîna între tub şi un ecran pe care-l pregătise dintr-o substanţă fluorescentă (sulfură de zinc), a rămas încremenit cînd şi-a văzut oasele mîinii desenîndu-se în negru, pe carnea transparentă. Cu această încercare întîmplătoare, razele X îşi încep strălucita şi fecunda lor carieră în descoperirea şi, mai tîrziu, în tratamentul anumitor boli.

Dar descoperirea razelor X stă la baza unei alte descoperiri epocale, care va scălda secolul al XX-lea într-o lumină orbitoare. Aceasta este radio-

activitatea. Roentgen, prezentînd comunicarea descoperirii sale, arată că peretele de sticlă din spatele anodei devenea fluorescent şi emitea raze X sub influenţa razelor catodice (electronilor). El bănuia în aceasta originea razelor sale. Comunicarea lui Roentgen a avut un efect deosebit asupra unui cercetător care a rămas foarte intrigat de această descoperire. Acesta era Henri Becquerel. Fluorescenţa sticlei care însoţea razele X l-a pus pe gînduri. Becquerel se întreba : „N-or mai fi şi alte substanţe fluorescente care să emită la rîndul lor raze X ? Ce-ar fi să fac o încercare cu uraniu, a cărui fluorescenţă e stîrnită de lumina simplă ?"

Şi astfel, Becquerel a luat din colecţia sa de substanţe fluorescente cîteva cristale de alaun de uraniu (o sare a acestuia), le-a expus la soare şi le-a aşezat deasupra unei plăci fotografice împachetată bine într-o hîrtie neagră. El se gîndea că soarele va excita uraniul, la fel cum razele catodice au excitat sticla tubului cu care lucrase Roentgen, iar razele X care iau naştere în el vor impresiona placa. Într-adevăr, experienţa a decurs aşa cum o prevăzuse el. După un anumit timp, developînd placa fotografică, Becquerel a observat că imaginea cristalelor de uraniu se imprimase pe gelatina plăcii.

A doua zi, nerăbdător să repete experienţa, Becquerel îşi pregăteşte placa şi cristalele. Dar cînd deschide uşa laboratorului, pentru a ieşi afară să-şi expună cristalele, parcă pentru a-i face în ciudă, cerul era plin de nori. Reintrînd în laborator el aruncă placa cu cristalele pe ea, într-un sertar.

Henri Becquerel (1852 — 1908) descoperitorul radiaţiilor emise de minereurile de uraniu

Preocupat de alte lucrări, abia după trei zile fizicianul îşi reaminteşte de placă şi de ziua înnorată. „Ce-ar fi s-o developez şi pe aceasta" îşi zise Becquerel, numai aşa, ca să se simtă împăcat. „Muncă zadarnică", gîndi el, ridicînd din umeri plictisit, „deoarece a stat tot timpul în întuneric, cu siguranţă că nu voi putea obţine nimic de data aceasta". Totuşi, placa a fost developată. Mare i-a fost însă surpriza cînd a văzut pe ea aceeaşi imagine, la fel de puternic conturată ca şi aceea obţinută înainte prin expunerea materialului la lumina soarelui. Uraniul, fără să fi fost excitat de lumină, impresionase gelatina.

Trebuia oare să creadă că acest metal emite, de la sine, o altă radiaţie decît razele X ? Dar ce fel de radiaţie ? Roentgen dăduse radiaţiilor sale numele de raze X, datorită naturii lor necunoscute, pe

Marie Sklodowska - Curie (1867 — 1934), descoperitoarea elementelor radioactive printre care poloniul și radiul. A obținut premiul Nobel împreună cu soțul ei și Becquerel în 1903

cînd Becquerel le numește radiații uranice și consideră această emisie ca o proprietate particulară a uraniului. Astfel, după numai un an de la comunicarea lui Roentgen, un nou mister complica problema.

Dar așa cum l-a ispitit la început pe Becquerel, această problemă stîrnește acum interesul unei perechi de savanți parizieni. „Iată un subiect pentru teza ta de doctorat", spunea Pierre Curie soției sale, Marie, care pe atunci avea douăzeci și nouă de ani. „Poate mai sînt și alte elemente care emit aceleași radiații..." Dorind să dea un răspuns la această problemă, Marie Curie s-a apucat de lucru. Cercetarea era foarte grea, cerea informațiuni bogate, material din abundență și eforturi mari.

Marie Sklodowska Curie a început prin a măsura puterea de a emite radiații uranice a diferiților

Pierre Curie (1859 — 1906)

compuși chimici în care se găsea uraniu. Aparatul de care se folosea ea, numit electrometru, era de o construcție simplă. Un condensator compus din două discuri metalice servea la colectarea ionilor ; ionii luau naștere din moleculele gazului care se găsea între cele două discuri, în momentul cînd spațiul care separa discurile era străbătut de radiații. Pe unul din discuri, Marie așeza substanța pe care o cerceta și care, emițînd radiații, ioniza aerul. Dacă condensatorului i se aplica o tensiune, ionii formați în gaz erau atrași de discul opus. Prin descărcarea acestor ioni apărea în condensator un curent suplimentar care era proporțional cu numărul ionilor formați. Condensatorul era legat, printr-un fir, de un electrometru care măsura intensita-

tea acestui curent prin îndepărtarea a două foiţe de aur care se găseau faţă în faţă. Cu cît devierea foiţelor de aur era mai rapidă, cu atît radiaţiile emise de compusul analizat erau mai numeroase şi energice. Toată munca devenea din ce în ce mai complicată şi mai interesantă. Pierre Curie, spre a veni în ajutorul soţiei sale, îşi abandonează cercetările şi îi dă tot sprijinul în lucrările ei.

Studiind în acelaşi mod o enormă cantitate de substanţe din cele mai diferite, după doi ani de cercetări, duse în condiţiuni din cele mai grele, la sfîrşitul anului 1898 ei comunică la Academia de Ştiinţe că şi thoriul emite raze asemănătoare. Şi nu numai thoriul, dar şi alte două elemente, pînă atunci necunoscute : poloniul şi radiul.

Ceea ce îi intriga îndeosebi pe cei doi cercetători era misterul radiaţiilor pe care le emiteau aceste corpuri. Fiindcă nu intervenea nici o sursă externă, soţii Curie trag concluzia că radiaţiile pornesc chiar din interiorul atomilor acestor corpuri pe care ei le numesc „radioelemente".

Aşa s-a descoperit radioactivitatea naturală, care deschide cu acest început de secol o nouă eră ale cărei realizări practice vor revoluţiona ştiinţa şi tehnica.

De altfel, pentru prima oară oamenii de ştiinţă reuşesc să recepţioneze primele mesaje din îndepărtata şi inaccesibila cetate atomică. Atomul părea acum protejat de un zid înalt în spatele căruia se desfăşurau fenomene misterioase şi din interiorul lui, ajungea la urechile savanţilor vuietul înăbuşit al unor catastrofe fulgerătoare.

Multe din aceste fenomene au fost rînd pe rînd puse în evidenţă şi studiate prin munca neobosită a savanţilor atomişti. Dar povestea s-ar lungi prea mult, dacă am trece în revistă toate „aventurile ştiinţifice" pe care le-a cunoscut istoria atomului şi care sînt atît de captivante. Trebuie însă să vedem acum care este natura acestor fenomene.

„AŞADAR, CE ESTE RADIOACTIVITATEA ?"

Nucleele atomice ale uraniului, thoriului, radiului şi ale altor elemente grele (elemente cu greutate atomică mare) sînt instabile. Ele se dezintegrează fără a fi nevoie de nici o acţiune din afară, ci numai datorită unor cauze interne îşi schimbă natura şi, cu acest prilej, emit razele descoperite de Becquerel. Marie Curie a numit proprietatea elementelor de a emite, în mod spontan, radiaţii, radioactivitate. Atomii care pot să sufere astfel de transformări poartă numele de atomi radioactivi. Transmutările care au loc în aceşti atomi se numesc dezintegrări radioactive.

Puterea de atracţie dintre protoni şi neutroni din nucleu fiind foarte mare, dezagregarea atomului duce deci la eliberarea unei energii uriaşe.

Pentru prima dată, acest fenomen a fost observat la corpurile radioactive naturale, care eliberează energia nucleară sub formă de particule încărcate electric sau de fotoni (radiaţii gama).

În comparaţie cu elementele stabile din natură, elementele radioactive naturale se caracterizează

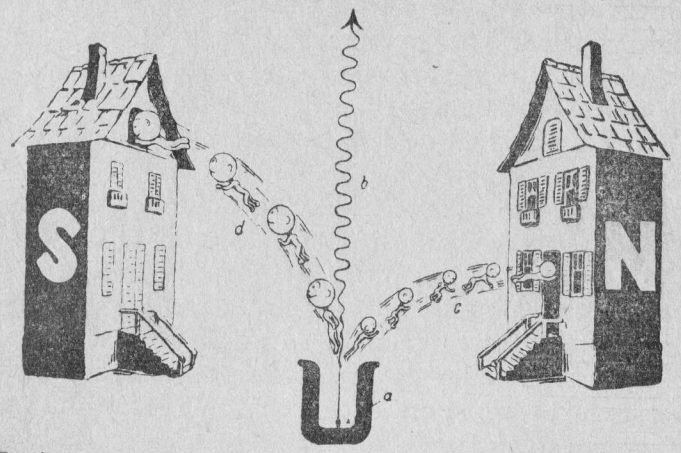
prin faptul că se transformă treptat în alte elemente, devenind stabile. Acest lucru a făcut pe savanții englezi Rutherford și Soddy să considere că radioactivitatea nu este altceva decît moartea atomilor. Unii se distrug iar din cadavrele lor iau naștere alți atomi. Procesul de dezintegrare atomică se realizează prin modificarea nucleului atomic și are loc prin eliminarea din nucleul atomic a uneia sau mai multe particule sau radiații.

Pentru a exemplifica, să luăm unul din cele mai răspîndite și mai binecunoscute elemente radioactive : radiul. Nucleul atomic al radiului conține 88 de protoni și 138 de neutroni, deci, în total, 226 particule elementare. În cursul dezintegrării radioactive a nucleului de radiu, sînt emise particule alfa. Reamintim aici că o particulă alfa este constituită din 2 protoni și 2 neutroni, reprezentînd nucleul atomului de heliu cu care am făcut cunoștință mai înainte.

$$\underset{\text{(radiu)}}{{}^{226}_{88}\mathrm{Ra}} \rightarrow \underset{\text{(radon)}}{{}^{222}_{86}\mathrm{Rn}} + \underset{\text{(helion)}}{{}^{4}_{2}\mathrm{He}^{++}}$$

Ce se întîmplă cu atomul de radiu după ce a emis o particulă alfa? Nucleul atomului de radiu rămas va avea numai 86 de protoni, iar masa sa va fi de 222 particule, întrucît 2 protoni și 2 neutroni au părăsit nucleul. Bineînțeles, după cum se vede, sarcina (numărul atomic) s-a micșorat cu două unități, iar masa cu 4 unități, dînd naștere în felul acesta unui element care este radonul (sau emanația).

Și alte elemente radioactive, cum sînt uraniul, thoriul, radonul, emit particule alfa care se depla-



Devierea în cîmpul magnetic al unui fascicul de radiații emis de o sursă radioactivă: a — *radiu*; b — *radiații gama*; c — *radiații beta (flux de electroni)*; d — *radiații alfa (flux de helioni)*

sează cu o viteză importantă între 15 și 20.000 km pe secundă.

Însă nu toate nucleele radioactive emit particule alfa în timpul dezintegrării. Unele nuclee radioactive emit particule beta care nu sînt altceva decît electroni expulzați din interiorul nucleului. Amintim că electronul are o masă cu totul neglijabilă. Ca atare, pierderea unui electron nu schimbă aproape cu nimic masa atomului respectiv. Sarcina nucleului atomic însă se mărește cu o unitate. În acest fel se dezintegrează bismutul (^{210}Bi).

Dezintegrările radioactive, alfa și beta, în multe cazuri sînt însoțite și de emiterea razelor gama. Existența acestor trei radiații emise de corpurile radioactive a fost pusă în evidență nu mult timp de la descoperirea radioactivității. Astfel, în 1899 s-a

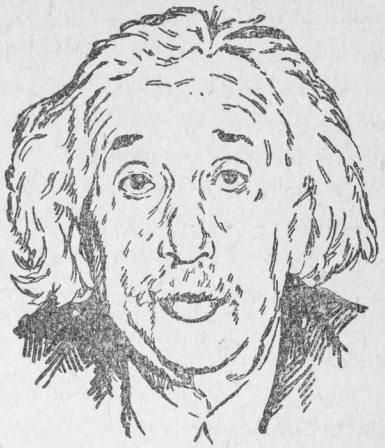
observat pentru prima dată că un cîmp magnetic, perpendicular pe direcția unui fascicul de raze emise de către o sursă de radiu, desface fasciculul în două. Folosindu-se cîmpuri magnetice mai intense s-a observat de fapt că fasciculul este format din 3 feluri de radiații.

O parte din raze sînt deviate puternic de către magnet. Acestea erau razele beta formate din fluxul electronic. Altele erau mai slab deviate. Acestea erau razele alfa, formate din fluxul de particule încărcate pozitiv (helioni). În sfîrșit, o altă parte care nu erau de loc deviate, deoarece nu aveau nici masă, nici sarcină electrică, constituia fasciculul de raze gama.

Astfel, elementele radioactive naturale (uraniu, actiniu, radiu, thoriu), trecînd printr-o serie de dezintegrări, emit raze alfa, beta și gama. După ce au parcurs o serie de transformări, ajung, în sfîrșit, la o formă stabilă : plumb sau bismut.

În afară de izotopii radioactivi naturali, se cunosc și izotopi radioactivi artificiali. Aceștia sînt de fapt izotopi ai elementelor stabile obișnuite, obținuți în mod artificial. Ei nu se găsesc în natură și sînt rezultatul unor reacții nucleare (transmutații).

Transmutația (trecerea) artificială a unui element în altul, vis milenar al alchimiștilor, a fost realizat pentru prima oară de Rutherford, în anul 1919. Supunînd unui bombardament cu radiații alfa, provenite dintr-o sursă de radiu, un tub care conținea azot, Rutherford observă, cu ajutorul unui aparat special (spintariscop), că numărul radiațiilor alfa,



Albert Einstein (1879—1956) autorul teoriei relativității restrînse și generalizate, teorii devenite fundamentale pentru fizica modernă. Laureat al Premiului Nobel în 1921

care produceau scînteierile, scădea. Cărui fapt i se datora scăderea numărului radiațiilor alfa ? Cum și unde dispar radiațiile alfa, iată întrebarea care-l neliniștea pe Rutherford și căruia căuta să-i dea explicația cuvenită. Oare atomii de azot au înghițit aceste radiații ? Pentru a-și verifica presupunerea, el face o minuțioasă analiză a gazului din tub. Nu mică i-a fost mirarea cînd a constatat o creștere a concentrației atomilor de oxigen și, mai ales, prezența atomilor de hidrogen. Dar cum s-a putut petrece acest fenomen miraculos ? Foarte simplu. Unele radiații alfa, reușind să izbească nucleul atomului de azot, au fost captate. Nucleul atomului de azot își mărește masa și numărul atomic prin această achiziție și trece într-un atom de oxigen și un atom de hidrogen : $^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$.

Prin epocala lui experiență, Rutherford a demonstrat că schimbarea naturii atomilor este posi-

bilă. Pentru aceasta este nevoie ca omul să poată să acționeze asupra nucleelor atomice. Alchimiștii, care urmăreau acest lucru pentru a obține aurul, metal mult prețuit și dorit, dintr-un alt element, mai larg răspîndit — cum e mercurul, nu cunoșteau acest secret, de a acționa asupra nucleelor.

De aceea, toate încercările și eforturile lor au fost sortite eșecului.

Astăzi, în orice laborator nuclear se poate schimba natura elementelor, se pot schimba unii atomi în alții.

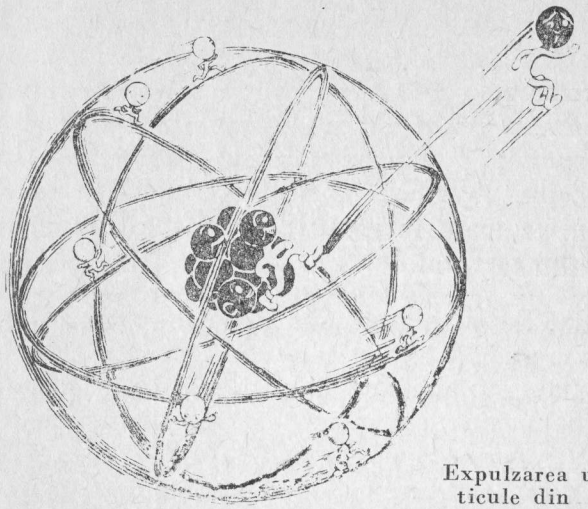
Aceste transformări poartă numele de reacții nucleare.

Ce deosebesc aceste reacții de reacțiile chimice? În reacțiile chimice se produce o rearanjare a atomilor, care nu este însoțită de schimbarea naturii lor. De pildă, atomul de azot, unindu-se cu 3 atomi de hidrogen și formînd molecula de amoniac nu încetează să rămînă un atom de azot. Dacă prin mijloace chimice desfacem molecula de amoniac, vom obține același atom de azot.

În reacțiile nucleare se schimbă complet natura atomului, schimbîndu-se în mod radical proprietățile lui fundamentale.

În urma acestor reacții atomii de azot se transformă în atomi de oxigen sau carbon 14 (în cazul cînd sînt bombardați cu neutroni).

În cazul reacțiilor chimice se produc schimbări numai în pătura exterioară a electronilor, pe cînd în cadrul reacțiilor nucleare, modificările se produc chiar în nucleu.



Expulzarea unei particule din nucleu

Astăzi se obțin sute de izotopi artificiali radioactivi cu ajutorul reacțiilor nucleare sau a acceleratorilor de particule despre care vom vorbi mai departe.

Prin emisia de radiații, izotopii radioactivi artificiali se transformă și ei în elemente stabile, neradioactive.

Astfel, fosforul radioactiv $\left(\begin{smallmatrix}30\\15\end{smallmatrix}\mathrm{P}\right)$ se transformă, după emiterea unui pozitron (electron pozitiv) în siliciu stabil. Dar mai există un alt izotop al fosforului $\left(\begin{smallmatrix}32\\15\end{smallmatrix}\mathrm{P}\right)$; acesta emite raze beta (electroni negativi) și se transformă în sulf stabil.

Bun, o să spuneți, toate bune, dar ce te faci dacă toți atomii care formează un astfel de izotop radio-

activ se dezintegrează într-o secundă ? Cum mai poți folosi izotopul ?

Un fenomen foarte important în cursul dezintegrării este tocmai faptul că nu toți atomii unui izotop radioactiv se dezintegrează în același timp, ci există o posibilitate de dezintegrare caracteristică pentru fiecare element, probabilitate exprimată printr-o constantă specifică.

Deci, orice cantitate dintr-o substanță radioactivă se înjumătățește întotdeauna după un interval de timp bine stabilit. Acest interval, în cursul căruia s-a dezintegrat jumătate dintr-o substanță radioactivă dată, poartă numele de „timp de înjumătățire" sau „perioadă de înjumătățire".

Aceasta înseamnează că, după un timp dat, din numărul inițial de atomi n-a mai rămas decît jumătate. După un interval identic, rămîne încă un sfert, așa încît, după zece perioade, rămîne aproximativ o miime (1/1026) din numărul inițial de atomi radioactivi.

De pildă, radiul are o perioadă de înjumătățire de 1600 ani. Aceasta înseamnă că dintr-un gram de radiu, în timp de 1600 de ani, jumătate din acest gram se va transforma în radon. Astfel, elementele radioactive se descompun, dînd naștere la alte elemente, unele tot radioactive, care se nasc, trăiesc, unele dintre ele fracțiuni de secundă, secunde sau minute, altele ceasuri, zile sau ani, mergînd mereu spre elementul final al transmutațiilor, elementul stabil.

Dezintegrarea radioactivă este însoțită de eliberarea unei energii de foarte mare importanță, care

poartă numele de energie nucleară. Energia nucleară e purtată de particulele alfa, beta și de radiațiile gama și prezintă proprietăți deosebite : descompune apa, omoară microorganismele, dezinfectează rănile, sub acțiunea ei diamantele devin fosforescente, impresionează emulsiile fotografice, ionizează aerul etc. Curînd, s-a văzut că radiațiile substanțelor radioactive aveau efecte puternice asupra organismului.

Astfel, Becquerel a împrumutat o dată de la Pierre Curie o cantitate mică de radiu. A pus-o într-o eprubetă de sticlă pe care și-a băgat-o în buzunarul de la vestă. Așa a umblat cîteva ore cu preparatul la el.

Astăzi, orice fizician sau medic s-ar cutremura la auzul unei astfel de imprudențe. Chiar corpurile cu radioactivitate mai slabă se păstrează în cutii de plumb sau aluminiu, prin care radiațiile radioactive nu pot trece. Acum șaizeci de ani, însă nu se bănuia încă nimic despre efectele acestor substanțe.

Peste cîteva zile, Becquerel a descoperit că pe piele, în locul din dreptul buzunarului, se ivise o roșeață care amintea foarte bine, prin forma sa, de preparatul de radiu. A început apoi să simtă dureri, pielea a crăpat și a apărut o rană ca după o arsură gravă, care s-a închis abia după vreo două luni.

Era printre primele leziuni născute de pe urma unei imprudențe în manipularea substanțelor radioactive !

Dintre pionierii cercetătorilor în acest domeniu, nu se află niciunul de altfel care să nu fi simțit, ca

să spunem așa „pe pielea lui", efectele radiațiilor radioactive. Și acum să vedem cum și unde se pot „încărca" atomii cu radioactivitate, dîndu-ne astfel posibilitatea de a prepara izotopul radioactiv al oricărui element dorim.

„UZINELE" DE IZOTOPI

După experiențele lui Rutherford, care, după cum am văzut, a avut ideea fericită de a bombarda atomii de azot cu particule alfa, Irène[1] și Frédéric Joliot-Curie demonstrează, în 1932—1934, că se pot obține prin asemenea bombardamente nuclee noi, ce nu există în natură și care la rîndul lor emit radiații. Dar obținerea unor elemente noi în mod artificial nu era prea ușoară. Una din condițiile esențiale pentru a provoca declanșarea acestui proces era pătrunderea proiectilului expediat în miezul nucleului. Or, cunoscînd dimensiunile extrem de mici ale nucleelor și proiectilelor folosite, ne putem da seama cu ușurință că șansa de întîlnire era foarte mică. Într-adevăr, va trebui să se trimită un număr considerabil de proiectile, milioane, pentru a avea o șansă de întîlnire capabilă să producă o reacție nucleară și prin aceasta obținerea unui element nou. Dar, mai mult, o altă piedică care se ridica în calea realizării cu mai mult succes al transformărilor nucleare (reacții) era sarcina electrică

[1] Fiica lui Pierre și Marie Curie.

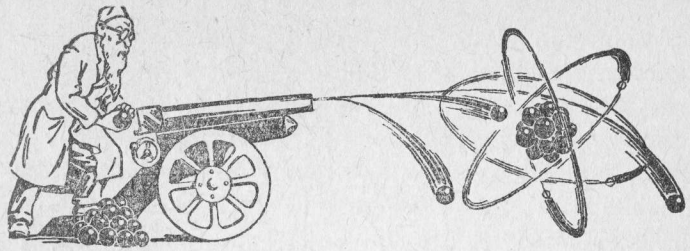
Irène Joliot - Curie (1897 — 1956), descoperă împreună cu soțul ei radioactivitatea artificială în 1933. Laureată a Premiului Nobel 1935

Frédéric Joliot - Curie. Laureat al Premiului Nobel 1935

a nucleului. Nucleele, după cum am văzut, sînt încărcate pozitiv, iar particulele alfa, care se foloseau ca proiectile, sînt încărcate și ele tot cu electricitate pozitivă. Știm ce se va întîmpla dacă vom pune față în față două electricități de același fel : se resping. Pentru ca să vă dați seama de puterea acestei bariere, care era creată de forța de respingere, exemplul următor va fi foarte sugestiv. Pentru a descompune 1 g de apă în hidrogen și oxigen sînt necesare 3800 calorii mici ; această căldură ar aduce la fierbere aproape 40 g apă, în timp ce pentru transformarea unui singur gram de sulf în fosfor, sînt necesare aproximativ 6 miliarde de calorii mici, adică o căldură care ar face să fiarbă o cantitate de 60 tone de apă.

Razele alfa trebuiau să învingă această barieră. Oamenii de știință erau desperați pentru că proiectilele lor erau prea slabe și debitul artileriei, adică numărul de helioni aruncați de sursele de radiu, era prea mic. Se punea problema realizării unor dispozitive care să furnizeze proiectile mai rapide și mai numeroase.

Englezii Cockroft și Walton sînt primii care găsesc soluția acestei probleme. Ei au avut ideea de a supune protonii, nucleii de hidrogen, la o tensiune de 100 000 pînă la 800 000 volți care, năpustindu-se pe o bucată de litiu, aruncau helionii (razele alfa) cu o viteză extraordinară. De la această experiență arsenalul „artileriei" atomice s-a îmbogățit și perfecționat într-un ritm foarte rapid. Astăzi, multe laboratoare atomice sînt înzestrate cu aparate care reeditează zilnic experiența primi-

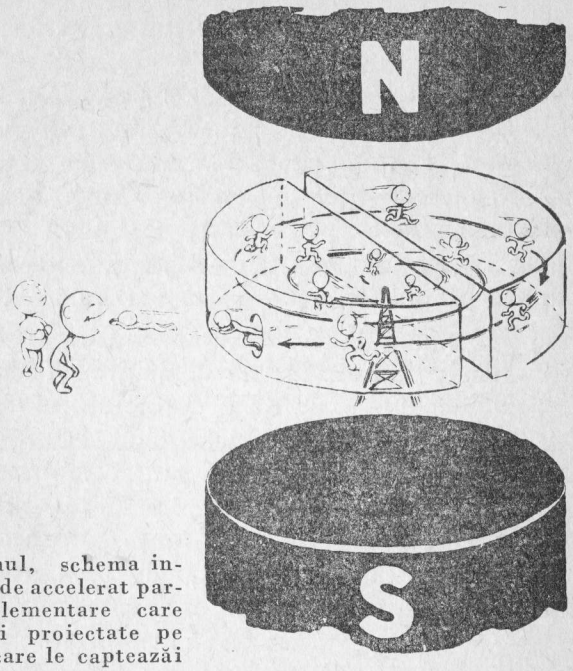


Bombardamentul nucleelor cu particule elementare

tivă și memorabilă a lui Rutherford de acum 40 de ani. Aceste aparate poartă denumirea de acceleratori de particule și pe lîngă acceleratorul Cockroft-Walton se mai cunosc : ciclotronul, fazotronul sau sincrociclotronul, bevatronul sau cosmotronul, care accelerează particulele pînă la viteza radiațiilor cosmice. Cu aceste aparate s-au putut descoperi, în ultimul timp, alte două particule din „inventarul" nucleului : antiprotonul și antineutronul, a căror existență era prevăzută în mod teoretic.

Cu acești acceleratori, fizicienii puteau supune acum unui bombardament eficace nucleele atomice pe care voiau să le transforme. Acceleratorii imprimă viteze considerabile helionilor, protonilor, deuteronilor, care sînt cele mai frecvente proiectile folosite la producerea izotopilor artificiali.

Dar războiul împotriva atomilor nu s-a terminat Fizicienii și chimiștii nucleari căutau să-și perfecționeze proiectilele. Acceleratorii nu se pot folosi, după cum am văzut, decît pentru accelerarea particulelor electropozitive. De data aceasta, cu toată viteza lor mare, cînd asaltau nuclei mai grei, cu cîte 80—90 protoni, proiectilele erau respinse cu



Ciclotronul, schema instalației de accelerat particule elementare care sînt apoi proiectate pe o țintă care le captează

atîta violență, încît bombardamentul devenea cu totul ineficace.

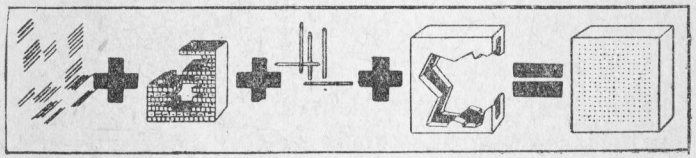
Atunci savanții și-au pus problema să folosească proiectilele care nu au sarcină electrică și astfel să fie insensibile la acțiunea electricității. Chadwick oferă drept proiectil neutronul descoperit de el în 1932.

Introducînd o bucățică de radiu într-o sferă, fabricată dintr-un metal cu greutate atomică mică, beriliu, el observă că sub acțiunea radiațiilor alfa, acest metal expulza particule noi. Trecute printr-un

cîmp electric particulele expulzate nu erau deviate. S-a văzut în felul acesta că ele erau din punct de vedere electric neutre și le-a denumit neutroni.

În scurt timp s-a determinat și masa lor, care s-a constatat că era cu puțin mai mare decît a protonului. În felul acesta s-a descoperit neutronul, particulă elementară care intră în alcătuirea nucleelor. În fața acestei noi particule, lipsită de electricitate, bariera pe care o opunea nucleul particulei alfa nu-i mai servește la nimic.

Și, într-adevăr, această metodă devine una dintre cele mai uzuale și mai economice de preparare a

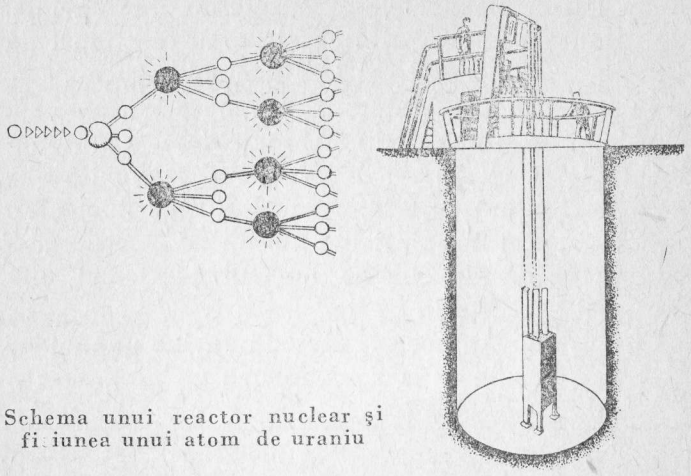


Elementele componente ale unui reactor nuclear:

Combustibil: bare de uraniu + Moderator: grafit + Bare de comandă: oțel + Carcasă protectoare beton = Bloc de grafit

izotopilor radioactivi, mai ales după ce s-a pus la punct posibilitatea de stăpînire a fisiunii uraniului (spargerea atomului de uraniu în două părți aproape egale).

Astfel, în 1942, prima pilă atomică sau „reactor nuclear", cum se numește, devine instalația care adăpostește punerea în libertate a colosalei energii pe care o posedă nucleul. Din reacția de fisiune a uraniului, nenumărați — miliarde — de neutroni sînt puși în libertate.



Schema unui reactor nuclear și fi iunea unui atom de uraniu

Reactorul, care este construit dintr-un bloc de grafit, are prevăzute canale în care se introduc în eprubete de aluminiu substanțele pe care dorim să le supunem transformărilor. Dacă vrem să obținem cobalt radioactiv, introducem în aceste canale cobalt metalic sau o sare de cobalt obișnuită. Sub acțiunea neutronilor, cobaltul este transformat în cobalt 60 (radioactiv). La fel se prepară majoritatea izotopilor radioactivi printre care amintim :

$$^{3}H,\ ^{14}C,\ ^{32}P,\ ^{55}Fe,\ ^{59}Fe,$$

Cu ajutorul acceleratorilor de particule și al reactorilor nucleari s-au obținut pînă astăzi peste opt sute de izotopi radioactivi artificiali. Cel mai mare accelerator de particule a fost construit în Uniunea Sovietică și funcționează la Institutul Unificat de Cercetări Nucleare de la Dubna.

La 31 iulie 1957, și în țara noastră, la Institutul de Fizică Nucleară, a intrat în funcțiune reactorul nuclear, furnizat de Uniunea Sovietică, care pe lîngă faptul că va deservi cercetările științifice, va deveni și „uzina" noastră de preparare a izotopilor radioactivi artificiali.

CE TREBUIE SĂ ȘTIM DESPRE RADIAȚII ?

Și acum să facem un popas. Să ne oprim o clipă și să cercetăm mai amănunțit ce sînt radiațiile radioactive, despre a căror acțiune vom vorbi în capitolele următoare.

Radiațiile ionizante — fie electromagnetice, fie corpusculare (formate din particule) — cele mai folosite în medicină sînt : razele X (Roentgen), razele gama, razele beta, particulele alfa și neutronii.

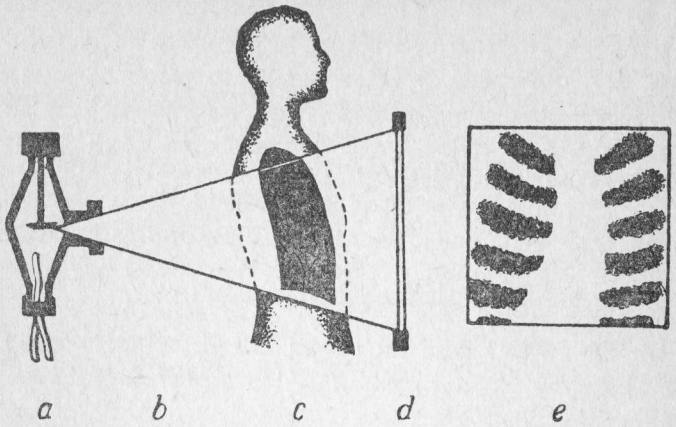
Razele X

Dacă radiațiile radioactive au început să fie folosite pe scară largă mai de curînd, în schimb razele X, numite și raze Roentgen, după numele descoperitorului lor, sînt întrebuințate încă de la începutul secolului nostru.

Razele X sau Roentgen sînt radiații electromagnetice cu lungime de undă foarte scurtă.

Viteza cu care se deplasează razele X este egală cu aceea a luminii : aproximativ 300 000 kilometri într-o secundă.

Deși razele X sînt obținute cu ajutorul unor lămpi speciale și nu constituie „radiații radioactive", ele sînt totuși foarte asemănătoare ca alcă-



Schema unei radiografii pulmonare:
a — *tub radiogen*; b — *fascicul de raze*; c — *pulmonul*; d — *ecran fluorescent*; e — *radiografie*

tuire și efecte cu razele gama. De aceea, nu este lipsit de interes ca, în cîteva cuvinte, să arătăm cum iau ele naștere.

Partea principală a aparatului de raze X este „tubul radiogen". Este vorba de un tub confecționat din sticlă. În interiorul tubului radiogen se creează un vid cît mai avansat, adică se scoate aerul pînă la presiunea minimă de 0,000001 dintr-un milimetru de mercur.

Aici, înlăuntrul tubului, se află doi poli de metal : un catod și un anod (anticatod).

Catodul este legat cu exteriorul printr-o armătură metalică. El e format dintr-un filament din tungsten. Anodul e un bloc de cupru care se află în partea opusă catodului și care e legat cu exteriorul printr-o armătură metalică, la fel ca și catodul. Anodul are o suprafață înclinată la aproximativ

45 de grade față de filament. În centrul său se află aplicată o pastilă de tungsten, care formează focarul tubului.

S-a ales tungstenul pentru că acesta este un metal care se topește foarte greu.

Și acum să vedem cum funcționează lampa.

Un filament este încălzit puternic și, ca orice fir incandescent, emite electroni. Electronii sînt atrași de anod și capătă o viteză foarte mare. Ei izbesc în mare viteză suprafața oblică a anodului (anticatodul). Din acest bombardament de electroni, iau naștere razele X, prin frînarea bruscă a electronilor de mare viteză.

Razele X mai pot fi produse în betatroane, ciclotroane și alte instalații de același gen.

Aceste radiații sînt pătrunzătoare, „penetrante", trecînd ușor prin substanțele cu densitate mică. De asemenea, ele trebuie să străbată distanțe destul de mari pentru ca intensitatea lor să scadă sub cea periculoasă.

De aceea, instalațiile de radiologie medicală (unde se fac radioscopii și radiografii), precum și instalațiile de radiografie industrială, sînt prevăzute cu apărătoare de plumb. Plumbul absoarbe intens aceste radiații. Un post de raze X trebuie să aibă pereți de plumb cu grosimea de cel puțin 4 mm. Medicii și personalul de specialitate au șorțuri și mănuși de cauciuc plumbat.

Razele gama

Sînt asemănătoare cu razele X, natura lor fiind tot electromagnetică. Unele radiații gama au o lun-

gime de undă mai scurtă și o putere de pătrundere mai mare decît razele X. De asemenea, originea lor e diferită. Razele gama provin chiar din nucleul atomului, datorită anumitor transformări din interiorul nucleului. Numeroși izotopi artificiali cum sînt cobaltul (^{60}Co), iridiul (^{192}Ir), sodiul (^{24}Na) și iodul (^{131}I), precum și elementele radioactive naturale, ca uraniul, thoriul, actiniul, radiul emit raze gama.

Razele gama sînt emise împreună cu razele corpusculare alfa sau beta. Ele trec prin corpul omenesc fără să fie interceptate. În funcție de energia lor, razele gama pot fi „moi" sau „dure". Razele gama dure pot străbate chiar și cîțiva centimetri de plumb.

Atît razele gama, cît și razele X pot da naștere unei radiații secundare, adică unei radiații care ia naștere în materia prin care ele trec. Aceste radiații secundare sînt mult mai periculoase pentru om, deoarece produc ionizarea materiei într-un procent mult mai ridicat decît razele gama.

Razele beta

Sînt formate din electroni, care se deplasează cu viteză mare și iau naștere din procesele nucleare în cursul dezintegrării substanțelor radioactive naturale sau artificiale.

Dar vă surprinde faptul că din nucleu pot pleca și electroni, știind că acesta e alcătuit numai din protoni și neutroni. Mai mult, la dezintegrarea beta

este posibilă emisia atît a electronilor obișnuiți, cît și a electronilor pozitivi, care au fost botezați pozitroni. Să vedem care este însă procesul ce stă la baza acestei emisiuni. Deoarece în nucleu nu există nici electroni, nici pozitroni liberi, emisia de radiații beta constă în fond dintr-o transformare a particulelor existente în nucleu. Astfel de dezintegrare pozitronică constă în transformarea unui neutron din nucleu într-un proton și un electron. Acest proces este însoțit și de emisia unei particule neutre mult mai mică decît electronul, care s-a numit neutrino.

Fizicienii scriu această reacție astfel :

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + e^{-} + \nu$$

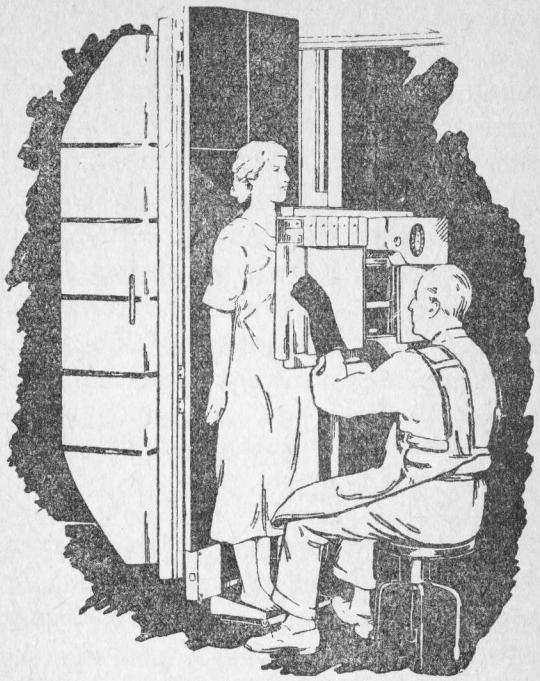
neutron → proton + electron + neutrino

În cazul emisiei de pozitroni (β^{+}) un proton se transformă într-un neutron, electron pozitiv și o particulă neutrino, adică :

$$^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + e^{+} + \nu$$

proton → neutron + pozitron + neutrino

Aceste transformări au loc cînd numărul neutronilor este prea mare față de al protonilor, sau în al doilea caz cînd numărul protonilor este mai mare decît al neutronilor. Deci nici electronii nici pozitronii nu sînt constituienți ai nucleului. Ei sînt creați în cîmpul nuclear în momentul emisiei. Prin emisia de electroni și pozitroni, nucleul tinde spre o formă stabilă în care numărul neutronilor este egal sau aproape egal cu al protonilor.



Aparat de radiodiagnostic. Examenul se face într-o cameră întunecoasă pentru a se putea observa imaginea pe ecran

Puterea de penetrație (pătrundere) a radiațiilor beta e de o sută de ori mai mică decît a radiațiilor gama care ar avea aceeași energie. În aer, ele nu străbat decît cîțiva metri, iar în apă și țesuturile corpului omenesc abia un centimetru. În metale, ele pot pătrunde numai pînă la un milimetru.

Razele beta au asupra organismelor vii aceeași acțiune biologică ca și razele X sau gama. Ele ionizează țesuturile prezentînd un risc de iradiere fie

că acționează din afară asupra organismului, fie că acționează dinlăuntru (în cazul cînd substanțele radioactive sînt inspirate sau înghițite sub formă de pulberi).

Particulele alfa

Particulele alfa sînt atomi de heliu care au pierdut cei 2 electroni periferici, căpătînd astfel o dublă sarcină pozitivă. Greutatea lor atomică este egală cu 4. Ele sînt deci de vreo 7000 de ori mai grele decît un electron.

Razele alfa provoacă în drumul lor o ionizare puternică. Acest drum este însă foarte scurt : în aer 8 cm, iar în țesuturi sau apă, aproximativ 7 sutimi de milimetru.

Puterea lor ionizantă este de 30—40 ori mai mare ca a razelor X sau gama, în schimb drumul lor scurt le împiedică să fie dăunătoare cînd acționează din afară. Ele se opresc în stratul superior al pielii.

Elementele emițătoare de radiații alfa se găsesc la sfîrșitul sistemului periodic al lui Mendeleev, cele mai cunoscute fiind radiul, thoriul și uraniul.

Neutronii

Neutronii sînt particule elementare ce fac parte din nucleul atomului și sînt lipsite de sarcină electrică. Masa lor este practic egală cu cea a protonilor (în realitate e ceva mai mare).

Neutronii pot străbate cîțiva centimetri printr-un strat de țesut viu. Spre deosebire de toate celelalte radiații, plumbul nu-i oprește. În schimb, substanțele ușoare, cum e parafina, îi captează ușor.

Ce se întîmplă cu neutronii care pătrund în țesuturile vii ?

Cînd neutronii, de o viteză mai mare, izbesc nucleii atomilor de hidrogen — care se găsesc în număr mare în țesuturile organismului — neutronii le împrumută o parte din energia lor.

Prin aceste ciocniri, neutronii își pierd cea mai mare parte din energia lor și devin din neutroni rapizi, neutroni lenți. Ei sînt captați atunci de nucleul unor elemente, îndeosebi de hidrogen sau de azot, atomi care intră în alcătuirea țesuturilor vii. Dacă un neutron lent a nimerit un nucleu de hidrogen, acesta îl captează și se transformă în hidrogen greu, iar energia suplimentară este eliberată sub formă de radiație gama. Neutronii pot fi captați și de atomii de azot care sînt transformați în atomi de carbon cu eliberare de protoni (ioni de hidrogen), a căror capacitate de ionizare este mare. Carbonul astfel format este radioactiv (^{14}C) și emite raze beta.

Prin interacțiunea cu alți nuclei, neutronii pot să provoace și emiterea celorlalte tipuri de radiații ionizante, ca particulele alfa și beta.

Iată deci cîte transformări și ce număr important de radiații pot produce neutronii ce pătrund în organism ! Din această cauză, din punct de vedere biologic, ei sînt de zece ori mai activi ca razele X.

Dar... unde se produc neutronii ? Principalul izvor de formare a neutronilor este reprezentat de reactorii nucleari. De asemenea, neutronii se produc și în acceleratori prin bombardarea unor straturi de beriliu care sînt denumite ținte, prin faptul

că particulele ce ies din accelerator cu viteze extraordinar de mari izbesc aceste substanțe așezate în calea lor ca alicele într-o țintă.

Neutronii mai pot fi produși cu ajutorul unor amestecuri de substanțe radioactive, ca de pildă radiu-beriliu sau poloniu-beriliu. Radiul și poloniul sînt folosiți în cazul de față ca surse de particule alfa.

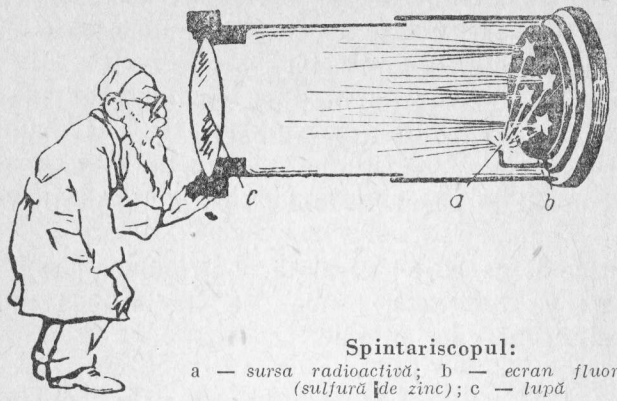
Pericolul pe care-l prezintă neutronii pentru organism se limitează, așadar, la iradierile locale exercitate pe cale externă.

RECENSĂMINTE ÎN LUMEA ATOMILOR

Ați înțeles din toate cele pe care le-am arătat pînă acum, cît de mare însemnătate are punerea în evidență, precum și cunoașterea precisă a cantității de radiații ionizante pe care o emit corpurile radioactive.

Pentru măsurarea ei, fizicienii, medicii și în general toți cei ce lucrează în domeniul aplicațiilor energiei atomice, se folosesc de anumite aparate, cu ajutorul cărora execută adevărate... „recensăminte în lumea atomilor".

Cele mai vechi instrumente folosite de cercetătorii atomiști sînt spintariscopul și camera de ionizare. Spintariscopul se bazează pe proprietatea pe care o au radiațiile de a produce o luminiscență, o scînteiere cînd izbesc un ecran format dintr-o substanță fotoluminiscentă. Astfel, el este construit



Spintariscopul:
a — *sursa radioactivă*; b — *ecran fluorescent (sulfură de zinc)*; c — *lupă*

dintr-un ecran de sulfură de zinc așezat la capătul unui tub metalic, iar la celălalt capăt se fixează o lupă. Privind prin lupă se pot urmări și număra scînteierile produse de radiațiile emise de corpul radioactiv. Cu acest instrument s-au pus în evidență și s-au numărat particulele alfa emise de radiu. Cred că vă închipuiți cît de obositor era acest procedeu. Cînd tehnica a permis, observația cu ochiul a fost înlocuită cu un fotomultiplicator, dînd naștere tuburilor de scînteiere sau contorilor de scintilație din ziua de astăzi. Ecranul de sulfură de zinc a fost și el înlocuit cu cristale de iodură de sodiu, diamant sau naftalină. Aceste aparate sînt extrem de sensibile, făcînd astfel posibilă efectuarea de măsurători de mare precizie.

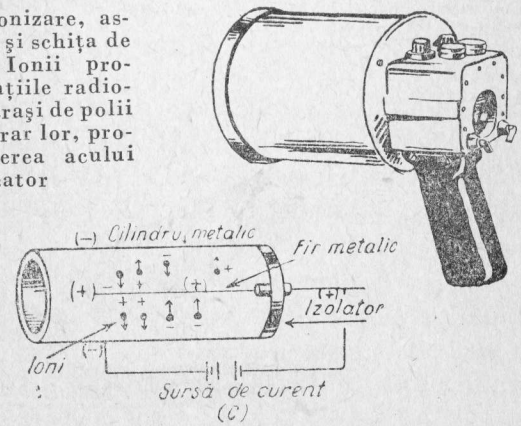
Camera de ionizare care este cel mai întrebuințat aparat pentru detecție, are la bază un electroscop cu foițe. Ea este formată dintr-o cutie metalică legată la pămînt, prin interiorul căreia trece o tijă de metal

care susține în această cutie cele două foițe. Tija fiind izolată de cutie, cele două foițe se îndepărtează dacă tija se încarcă cu electricitate. Deasupra cutiei se plasează un clopot de metal, izolat de aceasta și de tijă, care se încarcă pînă la cîteva sute de volți.

Acum, dacă o particulă alfa, beta sau chiar gama traversează spațiul cuprins între clopot și electroscop, moleculele de aer sînt ionizate.

În ce constă această ionizare? Particulele încărcate, avînd o anumită viteză, izbesc moleculele elementelor din care este format aerul (O, H și N), smulgîndu-le electronii periferici. Electronii reprezintă ionii de sarcină negativă, în timp ce moleculele care au pierdut electronii reprezintă ionii de sarcină pozitivă. Dacă clopotul este încărcat cu electricitate pozitivă ionii pozitivi vor fi atrași de tija electroscopului, care este încărcată negativ. În schimb, ionii negativi sînt atrași de clopot. Astfel, electroscopul se va încărca cu electricitate și foi-

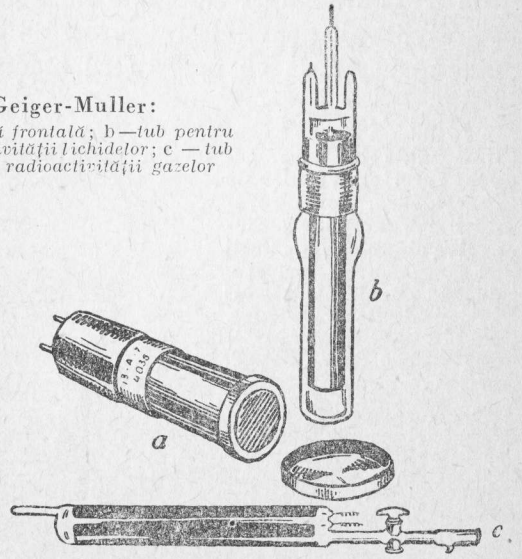
Camera de ionizare, aspect exterior și schița de funcționare. Ionii produși de radiațiile radioactive sînt atrași de polii cu semn contrar lor, producînd devierea acului indicator



țele se vor îndepărta. Dacă această îndepărtare se va transpune pe un cadran gradat, într-un anumit fel, se va putea obține intensitatea pe care o au radiațiile care străbat camera de ionizare. Astăzi, aceste aparate au evoluat atingînd un înalt grad de finețe și sînt de cel mai mare ajutor pentru cercetare.

Acum să pătrundem și în laboratorul unui fizician. Vom auzi, adeseori, niște păcănituri, asemănătoare cu paraziții radiofonici. Ce se întîmplă? Acesta este... cîntecul atomilor. Cîntecul atomilor care au fost prinși pe „coarda" metalică a tubului Geiger-Müller, un alt instrument, și a cărui intensitate este amplificată.

Radiațiile emise de substanțele radioactive fiind ionizante, creează în interiorul tubului un curent



Tuburi Geiger-Muller:
a — *tub cu fereastră frontală*; b — *tub pentru măsurarea radioactivității lichidelor*; c — *tub pentru măsurarea radioactivității gazelor*

electric pe care trecîndu-l printr-un amplificator, îl putem face să acționeze, fie asupra unui difuzor, fie asupra unui numărător (contor). Astfel, radiațiile sînt detectate de acest tub care nu este altceva decît „contorul Geiger-Müller", după numele fizicienilor care l-au conceput (1928). După nume, un contor este un aparat care numără. Contorul despre care vorbim nu numără particulele care trec prin el, ci transmite fiecare radiație care a trecut prin tub, fie unui mecanism asemănător aparatelor de taxat ale mașinilor de piață, fie unui difuzor.

Miraculos aparat! veți spune. Cînd te gîndești că electronii sînt atît de mici, încît nu pot fi văzuți cu nici un fel de microscop!

Și totuși, contorul Geiger-Müller este destul de simplu construit. Un cilindru de sticlă, căptușit în interior cu un cilindru de aramă. În mijloc, pe axul cilindrului, este întins un fir metalic (de obicei de wolfram) foarte subțire, avînd un diametru de aproximativ o zecime de milimetru. Cilindrul de sticlă este închis ermetic și prevăzut cu două contacte (electrozi): unul care face legătură cu cilindrul de aramă, iar celălalt cu firul.

Înlăuntrul cilindrului nu e vid. Aerul a fost scos, e adevărat, dar în locul lui s-a introdus un amestec de argon foarte pur (sau hidrogen) cu vapori de alcool, la o presiune aproximativ egală cu o sutime din presiunea atmosferică.

Cele două contacte sînt legate la o baterie a cărei tensiune este de obicei ceva mai mare de 1000 volți. Firul e legat la polul pozitiv al bateriei, iar cilindrul de aramă la polul negativ al ei.

Și acum, să vedem ce se întîmplă atunci cînd prin contor trece o particulă ionizantă. Același fenomen ca și în camera de ionizare. Atomii pierd un electron și se desfac astfel într-o pereche formată dintr-un ion pozitiv și un electron. Electronul este atras de firul încărcat pozitiv și, cînd ajunge în apropierea lui, capătă o energie suficientă pentru a ioniza un alt atom. Electronul expulzat din noul atom ionizează, la rîndul lui, un alt atom și așa mai departe. Se produce astfel o adevărată avalanșă de electroni care se îndreaptă cu repeziciune spre firul pozitiv. În acest timp, ionii pozitivi se îndreaptă spre peretele cilindrului care e încărcat negativ. Această descărcare face ca în circuitul care alimentează contorul să scadă tensiunea. Pentru aceasta, e suficientă o singură particulă.

Curentul de descărcare durează cam a zecea mia parte dintr-o secundă. Impulsul electric obținut este amplificat cu ajutorul unui amplificator cu lămpi de radio și poate fi semnalat printr-o pocnitură în difuzor.

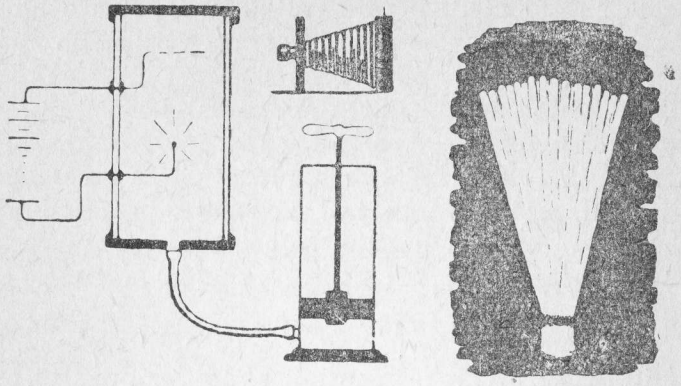
Firește însă că număratul nu se poate face după ureche. Există și un dispozitiv care poate înregistra mii de impulsuri pe secundă. Acest dispozitiv se numește numărător de impulsuri și este un aparat electronic cu o construcție destul de complicată.

Un alt instrument deosebit de prețios al fizicienilor atomiști este camera cu ceață. Cu ajutorul ei, se pot fotografia traiectoriile particulelor încăr-

cate cu electricitate care fac parte din lumea atomilor, cum sînt electronii, protonii, particulele alfa etc. Fotografiile obținute ne dau posibilitatea să identificăm particulele și să obținem informații prețioase despre ele. Aparatul a fost inventat de englezul C. T. R. Wilson, care a făcut prima încercare în anul 1911. Pentru acest dispozitiv, inventatorul a primit, în 1927, Premiul Nobel, recompensă care se atribuie foarte rar pentru punerea la punct a unei tehnici.

Bine, veți spune, dar se știe că particulele sînt atît de mici încît e imposibil să le vezi, dar să le mai urmărești și drumul ?

Și totuși, acest lucru este cu putință în „camera Wilson". E vorba de o cameră cilindrică cu pereții de sticlă în interiorul căreia se plimbă un piston. În cameră se află aer saturat cu vapori de apă. Dacă, printr-un mecanism potrivit, pistonul este retras brusc, presiunea și temperatura scade și vaporii de apă devin suprasaturați. În această stare de suprasaturație, în lipsa unor centri de condensare, vaporii se vor menține un anumit timp. Dacă în acest moment o particulă alfa sau o altă radiație trece prin cameră ea va ioniza moleculele aerului pe care le va întîlni în calea ei. În felul acesta particula își va presăra drumul cu „cioburi atomice" încărcate cu electricitate, adică cu ioni. Ionii favorizează condensarea vaporilor de apă, devenind centri de condensare pe suprafața cărora vaporii se strîng pe drumul care l-a străbătut particula lăsînd o dîră fină, așa cum un avion la mare altitu-



Camera cu ceață (Wilson), alături o fotografie obținută în cameră înfățișînd un fascicul de radiații alfa

dine lasă un nor de condensare de-a lungul parcursului său.

În același timp, camera este puternic luminată, astfel că picăturile aliniate de-a lungul traiectoriei particulei sînt fotografiate cu ușurință.

Dacă în cursul unei experiențe camera se plasează într-un cîmp magnetic puternic, particulele încărcate cu electricitate se abat din drumul lor. Pe clișeul fotografic, traiectoria particulei va apare sub formă de curbă. Din curbura traiectoriei și densitatea de ionizare (numărul ionilor pe cm) se poate deduce natura, viteza și energia particulei.

Astfel, camera Wilson este un admirabil instrument în cercetările atomice permițînd, pe lîngă multe alte lucruri, descoperirea unor particule, cum ar fi : pozitronul, neutronul și mezonul.

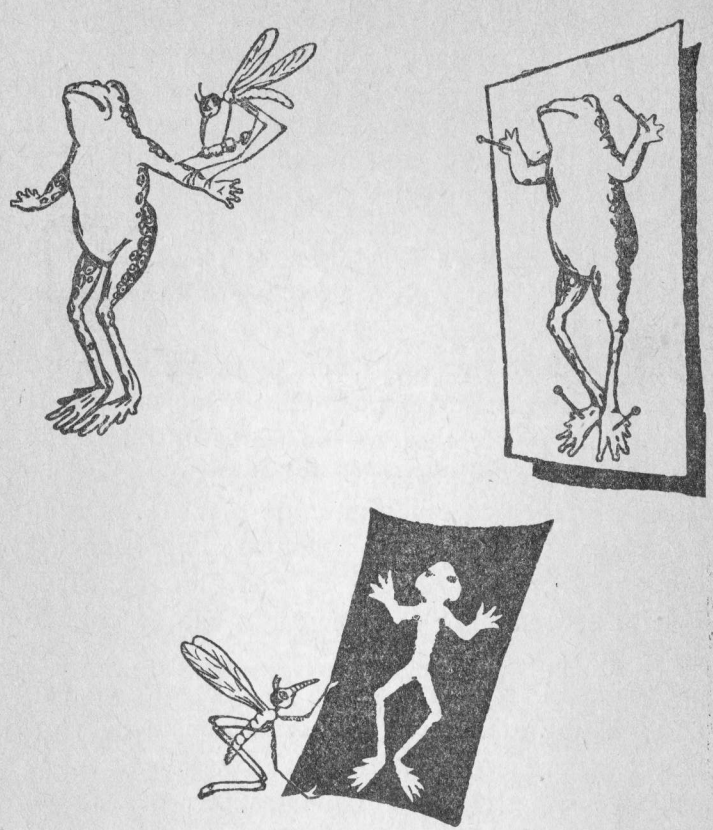
Pe lîngă metodele de detecție ale radiațiilor cu ajutorul instrumentelor care se bazează pe acțiunea lor ionizantă, se mai folosesc cu succes și metodele fotografice. Cu toate că efectul fotografic a fost cel dintîi efect descoperit al radiațiilor radioactive, la început el nu a luat o dezvoltare prea mare în scopul detecției acestora. Abia în anul 1921, L. V. Mîsovski și apoi A. P. Jdanov și N. Perfilov în U.R.S.S. și C. F. Powell în Anglia pun bazele acestei tehnici.

Metoda devine un instrument de precizie și ocupă în cercetările de fizică nucleară un loc tot atît de important ca și camera Wilson. Ea se întîlnește sub numele de „metoda plăcilor fotografice cu emulsie groasă". Trecînd prin stratul de emulsie așternut pe placa fotografică, particulele impresionează emulsia. După developare, se văd clar lanțuri de puncte negre : urmele particulelor. Ele se pot observa ușor la microscop.

O metodă frecvent folosită în cercetările medicale este autoradiografia. Aceasta constă în a urmări repartizarea elementelor radioactive pe organe sau pe cupe (felii) de țesuturi și a stabili cu ajutorul filmelor sau emulsiilor fotografice chiar locul unde radioelementul se fixează în celulă.

Cu ajutorul camerei Wilson, a contorului Geiger-Müller, a plăcilor fotografice cu emulsie groasă și a altor metode, fizicienii cercetează radiațiile ionizante și procesele cărora acestea le dau naștere.

Cunoscînd aceste cîteva noțiuni de fizică, vom putea trece acum la expunerea acțiunii radiațiilor



Autoradiografia unei broaşte în urma administrării de fosfor radioactiv. Pe clişeu se observă depunerea masivă a substanţei radioactive în schelet

radioactive asupra organismului şi la aplicaţiile practice ale izotopilor radioactivi şi, în general, a energiei nucleare în medicină.

ATOMUL ŞI VIAŢA

RADIAŢIILE ŞI CELULA VIE

Orice creaţie nouă a ştiinţei aplicate, pe lîngă faptul că îmbunătăţeşte condiţiile existenţei noastre, ascunde în sine şi posibilitatea unor pericole. Aplicarea practică a energiei nucleare nu constituie o excepţie de la această regulă.

Prin faptul că se lărgesc tot mai mult domeniile de folosire a izotopilor radioactivi şi apar din ce în ce mai multe centre de cercetări atomice, e firesc să ne preocupăm mai mult de efectul pe care-l au radiaţiile asupra celulei vii, asupra organismului nostru. Primii care au suferit de pe urma acestei descoperiri au fost tocmai descoperitorii ei. Deschizînd zăgazurile acestei noi forţe, ei au dat şi semnalul de alarmă al noului pericol. Radiaţiile erau primejdioase şi mulţi experimentatori au suferit efectul lor primejdios. Primul le-a căzut victimă savantul Hull-Edwards, care îndată după descoperirea razelor X începuse experimentarea lor. Aceste cercetări i-au provocat mai multă suferinţă decît satisfacţie. Astfel, nu după mult timp, pe una din mîini, el observă o ulceraţie. Nimeni nu bănuia cauza acestei ulceraţii şi nici urmările sale. Ulceraţia, pe lîngă faptul că nu putea fi tratată, în apropierea ei apăreau din ce în ce mai multe. Sufe-

rința savantului era de neînchipuit, iar pînă la urmă medicii au fost obligați să-i taie mîna. Pericolul se anunțase. Însă oamenii de știință, în ciuda primejdiei, căutau să dezvăluie întreaga taină a radioactivității.

„Dar dacă radiațiile au proprietatea de a distruge celulele, nu pot fi folosite oare ca un mijloc eficace pentru a distruge celulele canceroase?" se întrebau soții Curie. Era necesar să se cunoască mecanismul de acțiune pentru ca să se folosească cu succes acest mijloc nou și să se cunoască cînd și cît poate fi aplicat.

Un exemplu simplu ne va ajuta să înțelegem mai clar importanța acestei probleme. Iată, de pildă, sulfamidele. Cine nu știe cît de utile sînt ele pentru tratarea diferitelor infecții, de la furuncule pînă la pneumonii. Totuși, în anumite cazuri, medicii interzic bolnavului să ia acest medicament care e, în general, foarte bun. De ce? Pentru că sulfamidele, pe lîngă acțiunea lor binefăcătoare, au uneori o influență defavorabilă asupra anumitor organe, cum ar fi de pildă rinichii și ficatul. Tocmai de aceea, persoanele care suferă de vreo boală a ficatului sau rinichilor, nu au voie să folosească aceste medicamente. Efectul defavorabil asupra organismului ar putea, în aceste cazuri, să întreacă cu mult acțiunea lor vindecătoare. Pentru a se cunoaște însă în întregime acțiunea sulfamidelor asupra organismului, au fost desigur necesare multe cercetări științifice. Datorită acestora, medicii știu astăzi cînd și cum să folosească cu succes sulfamidele

Cu atît mai mult este necesar să se studieze temeinic acțiunea radiațiilor izotopilor radioactivi asupra organismului, sau, mai larg vorbind, acțiunea diferitelor forme de manifestare ale energiei atomice.

În această privință nu toate lucrurile sînt lămurite, deși despre ele s-au scris mii și mii de pagini în reviste și tratate și cu toate că la cercetări de acest soi se lucrează azi în nenumărate laboratoare. De aceea, noi vom încerca aici să dăm doar o idee generală asupra celor ce se petrec atunci cînd radiațiile pătrund în organism.

Se știe că orice țesuturi sau organe, celule sau lichide, sînt formate pînă la urmă din molecule iar acestea, la rîndul lor, din atomi.

Toate radiațiile ionizante acționează în același fel și anume, după cum arată însuși denumirea lor, prin ionizare.

Despre procesul de ionizare am vorbit și mai înainte. O anumită cantitate de energie din radiația ionizantă este absorbită de către atomii care alcătuiesc țesuturile organismului. Energia radiației ionizante, absorbită, are ca efect îndepărtarea unui electron din atom. Aceasta înseamnă că sarcina pozitivă a nucleului nu mai este neutralizată de un număr egal de electroni.

Ca urmare, în atomii respectivi apare o sarcină pozitivă.

Electronul desprins e înglobat de un atom, care devine de data aceasta încărcat negativ. Astfel, în orice fenomen de ionizare apare o pereche de ioni. Pe lîngă fenomenul de ionizare, radiațiile produc,

în același timp, și un alt fenomen. Radiația, izbind un electron de pe un strat mai profund al atomului, îi împrumută o cantitate de energie. Energia pierdută de radiație nu e suficientă pentru a izgoni complet electronul din atom. Electronul va fi împins pentru un moment pe un înveliș mai exterior de unde va reveni la locul lui emițînd energia pe care o captase. Acest fenomen a căpătat denumirea de fenomen de excitație.

Astfel, în medie, jumătate din energia radiației e cheltuită direct cu desprinderea electronului din atom, adică cu ionizarea, iar restul se consumă cu excitarea atomilor.

Ionii sau moleculele în componența cărora intră atomii ionizați au o putere de acțiune chimică foarte mare. Ei reacționează cu oricare moleculă capabilă de a se oxida sau de a se reduce. Atomii și moleculele excitate au de asemenea o putere de acțiune chimică superioară, care totuși e mai mică decît aceea a ionilor.

Trebuie să ținem seama de faptul că toate aceste procese se petrec independent de combinația în care se găsește atomul, fie că el face parte dintr-o moleculă mare sau una mică, fie că se află în piele sau ficat.

Dar, să vedem ce se întîmplă în celulă în urma acestor fenomene. În celulă, pe lîngă un număr mare de combinații complexe, se găsește și o foarte mare cantitate de molecule de apă. În primul rînd, efectul radiațiilor se exercită asupra unor componente celulare cum ar fi membrana și nucleii care pot fi distruse în urma ionizării directe a mole-

culelor ce intră în alcătuirea lor. În al doilea rînd, apa, care am văzut că este foarte răspîndită în celulă, va suferi cele mai multe ionizări. Molecula de apă va fi descompusă și intrînd în reacție cu oxigenul, care se găsește dizolvat în ea, va duce la formarea unor grupări chimice ionizate. Aceste grupări se numesc radicali și pot fi : OH^- (oxidril), HO_2 (peroxidic). Radicalii formați sînt oxidanți puternici. Se presupune că ei distrug sau inactivează unele combinații biologice.

Printre combinațiile sensibile la acțiunea radiațiilor sînt enzimele, substanțe complexe ce dirijează reacțiile biochimice. Distrugerea moleculelor de enzimă poate duce la împiedicarea desfășurării proceselor vitale din celulă. Un fapt care probează această ipoteză s-a obținut supunînd o soluție de enzimă în apă la acțiunea radiațiilor. Enzimele erau inactivate. Dacă în soluție se introduceau substanțe capabile să reacționeze cu radicalii liberi formați prin ionizarea apei, se observa atunci o micșorare a acțiunii radicalilor asupra enzimelor.

Această experiență a sugerat ideea de a se folosi „efectul protector" al acestor substanțe asupra enzimelor, pentru a mări rezistența organelor la iradiere. Printre substanțele experimentate care au un efect protector ar fi : glutationul, cisteina, cistamina, cisteamina, hormonii sexuali, serul sîngelui de cal, properdina, adică substanțe care preiau asupra lor efectul oxidant al radicalilor. Ele pot fi aplicate în cazul unei iradieri la care ar fi supus organismul cu condiția ca administrarea lor să se facă înainte de iradiere.

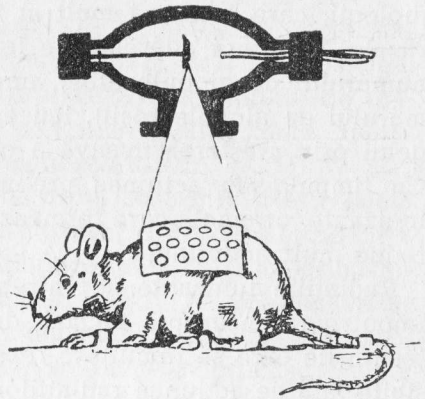
În sfîrșit, o parte din energia împrăștiată în cursul acestor fenomene (ionizare, excitare etc.) se transformă pînă la urmă în căldură. Supunînd un animal la o doză de 100 000 roentgeni [1] se observă o creștere a temperaturii cu numai 0,25°. Această creștere este foarte mică și nu ar prezenta un pericol. Dar, dacă ținem seama că această cantitate de căldură se concentrează pe un foarte mic volum, e posibil ca în acest punct căldura să fie suficientă pentru ca moleculele vecine să poată suferi modificări chimice.

Dar, se pune o întrebare : există vreo diferență dacă organismul e supus în întregime acțiunii radiațiilor sau numai parțial (o anumită regiune) ?

În general, organismul suportă o doză de 10—20 de ori mai mare, cînd iradierea se face numai pe o anumită regiune. Dar, indiferent de faptul că acțiunea e generală sau locală, organismul răspunde ca un întreg. În cazul unei iradieri locale, între țesutul iradiat și cel neiradiat apare o interacțiune. Țesutul neiradiat poate să slăbească acțiunea destructivă a radiațiilor. Acest lucru s-a demonstrat prin experiența următoare :

S-a luat un număr de animale (șobolani) și s-au împărțit în două loturi : unul de experiență și unul martor. Toate animalele au fost supuse aceleiași doze de raze. Însă lotul de experiență era iradiat în condiții speciale. Pe pielea lor s-a pus o îmbrăcăminte metalică (din plumb) care prezenta multe ochiuri. Astfel că se putea face o iradiere fragmentată. S-a observat că efectul dăunător al razelor la

[1] Unitate de măsură a radiațiilor.



Iradierea cu grila de plumb

acest lot era de 2—4 ori mai mic decît la lotul martor.

Toate aceste modificări care survin în timpul iradierii pot duce la cancerizarea celulei, oprirea înmulțirii sau chiar moartea ei.

Leziunile pe care le suferă celula depind, fără îndoială, de un număr mare de factori printre care : natura țesutului, doza de iradiere, timpul de expunere, condițiile de iradiere etc.

Într-adevăr, țesuturile au o sensibilitate diferită la acțiunea radiațiilor. Îndeosebi, sînt sensibile țesuturile care se înmulțesc repede sau care au o neîntreruptă activitate de înlocuire, cum sînt măduva osoasă (care produce elementele sîngelui), țesutul limfoid, celulele sexuale etc. Mușchii, nervii și glandele sînt relativ insensibile.

Globulele albe și roșii ale sîngelui sînt foarte sensibile. Sub acțiunea radiațiilor ionizante, numărul și capacitatea lor funcțională se modifică. Ra-

diologii, care lucrează mult și timp îndelungat cu razele X, suferă adeseori de leucopenie (scăderea numărului de globule albe), anemie (scăderea numărului de globule roșii), leucemie (cancer al sîngelui prin creșterea masivă a globulelor albe) etc. Cu timpul, sub acțiunea prelungită a radiațiilor ionizante, organele care formează aceste globule își reduc mult activitatea.

Radiațiile ionizante se întrebuințează în lupta împotriva cancerului tocmai datorită faptului că țesuturile care se înmulțesc repede sînt foarte sensibile față de acțiunea radiațiilor ionizante.

Făcîndu-se experiențe pe diferite animale s-a constatat că și rezistența lor față de radiații e diferită. Astfel cobaiul și cîinele sînt cei mai sensibili. Puiul de găină este de 3—4 ori mai rezistent decît cîinele, iar melcul de aproximativ 50 de ori.

Dar pentru a se putea măsura și cunoaște în ce moment radiațiile ionizante devin periculoase pentru organism și pentru a se aprecia efectele lor a trebuit să se stabilească un sistem de unități pentru intensitatea radiațiilor.

Din fizică se știe că fiecărei mărimi îi corespunde o unitate de măsură care se alege, fie convențional, fie deducînd-o din altele.

Pentru radiațiile ionizante s-a ales un sistem de unități care caracterizează efectul ionizării. Astfel, pentru radiațiile X sau gama, această unitate s-a numit roentgen și se notează cu *r*. Unitatea *r* se definește și se măsoară prin ionizarea aerului pe care o produce o sursă de radiații X sau gama. Ea

însă nu a putut fi aplicată la radiațiile corpusculare. La Congresul internațional de la Copenhaga, din anul 1953, s-a introdus o nouă unitate de măsură cu valabilitate generală pentru toate radiațiile. Această unitate este rad-ul.

Un rad este unitatea dozei absorbite și este egală cu 100 ergi pe gram de țesut. Este deci logic de a exprima doza de iradiație primită de țesut prin unități de energie pe masă, pentru că noi am văzut că efectul asupra componentelor celulare se datorește energiei pe care acestea o primesc de la radiație.

S-a observat însă că efectul pe care-l produc diferitele radiații asupra țesutului nu este identic. Astfel, dacă tratamentul se face cu aceeași doză de raze alfa, beta sau gama, acțiunea biologică produsă de razele alfa va fi de 10—20 de ori mai mare decît a celorlalte. Aceasta se datorește puterii lor de ionizare diferită. De aceea a fost necesară stabilirea unei noi unități. Această unitate este rem-ul. Rem-ul sau roentgen-echivalent pentru om exprimă de data aceasta și efectul biologic al fiecărei radiații.

EFECTE PRIMEJDIOASE

Am văzut că atunci cînd depășesc o anumită doză, radiațiile radioactive constituie o primejdie serioasă pentru organism. Urmările iradierii, pe lîngă faptul că s-au observat la persoanele care au lucrat în acest domeniu și nu au folosit mijloace de protecție eficace, s-au produs și la animale de

experiență pentru a se studia în mod temeinic efectul lor.

Înainte de a vedea urmările acestor radiații, este important să arătăm că efectul lor poate fi diferit, după cum radiațiile acționează asupra organismului din afara acestuia sau dinlăuntrul său.

Diferitele tipuri de radiații ale izotopilor radioactivi cînd acționează din afară asupra organismului nu au același efect. Acest lucru este legat de puterea lor diferită de a pătrunde în țesuturi.

Astfel, particulele alfa pătrund în piele la o adîncime de cîteva miimi de milimetru. Din acest motiv ele nu vor produce leziuni importante.

Razele beta pătrunzînd pînă la cîțiva milimetri vor ataca un strat mai gros. De obicei, ionizarea provocată de radiațiile aplicate în mod obișnuit duce la oxidări care, pînă la urmă, pigmentează pielea, la fel ca și cum ne-am fi expus la soare.

O expunere exagerată la acțiunea razelor beta poate să provoace leziuni grave ale regiunilor iradiate și uneori chiar cancerul pielii. De asemenea, ochii au de suferit în cazul unor expuneri prea mari la aceste radiații.

În ceea ce privește neutronii, aceștia, după cum se știe, au o mai mare putere de pătrundere în țesuturi. Ca acțiune biologică, ei nu au o acțiune ionizantă directă, ca celelalte radiații, ci transformă energia lor în radiații gama sau o transmit particulelor alfa sau beta. Se știe astăzi că neutronii pot provoca o boală de ochi numită cataractă (albeața ochiului). Aceasta s-a dovedit și prin faptul că persoanele care lucrează la unele instalații

de accelerare a particulelor unde nu s-au luat măsuri suficiente de protecție au prezentat frecvent această boală.

În cazul iradierii interne, care are loc atunci cînd substanțele radioactive pătrund în organism fie prin înghițire, fie prin inhalare, efectul radiațiilor e mai grav, mai periculos.

Pericolul iradierii interne constă în faptul că o substanță radioactivă pătrunzînd în organism circulă și iradiază întreg organismul, deci și unele organe profunde și sensibile. Unele se fixează pe timp îndelungat în anumite țesuturi „preferate" (^{90}Sr și ^{226}Ra în oase), constituind o sursă de iradiere permanentă.

Particulele alfa sînt de astădată deosebit de periculoase. Ele produc o ionizare intensă în țesuturile cu care vin în contact. Printre substanțele care emit radiații alfa în cantitate mai mare se găsesc : radiul, plutoniul și poloniul. Aceste substanțe pot pătrunde în organism în mod accidental.

Astfel, în S.U.A. s-a observat la muncitorii din întreprinderile ce executau compoziții radioactive luminiscente o mortalitate însemnată. Făcîndu-se o anchetă minuțioasă la o întreprindere de vopsele luminiscente s-a descoperit misterul. Muncitoarele acestei întreprinderi (în număr de opt sute) imprimau pe cadranul ceasului un amestec fosforescent compus din sulfură de zinc și radiu. (Radiul se adăuga ca să mențină luminiscența permanentă a sulfurii). Peste cîțiva ani o parte din muncitoare au fost nevoite să părăsească lucrul din cauza surmenajului. În afară de aceasta le căzeau dinții și în-

cepuse distrugerea maxilarului. La multe se observa o anemie gravă. Cercetările au arătat că aceste tulburări erau provocate de înghiţirea radiului. Muncitoarele netezeau de obicei cu buzele pensulele cu care imprimau compoziţia luminiscentă.

Dacă se introduce în organism radiu, el se comportă la fel ca şi calciul, stronţiul şi bariul, adunîndu-se şi fixîndu-se în oase.

Pericolul acestei fixări este deosebit de mare, deoarece radiul rămîne în oase un timp foarte îndelungat : aproximativ 45 de ani. Se ştie că, în măduva oaselor, se găsesc ţesuturi care dau naştere globulelor roşii din sînge. Radiaţiile emise necontenit de radiul fixat în imediata apropiere a acestor ţesuturi duc la micşorarea numărului globulelor din sînge, provocînd anemii şi scăderea rezistenţei faţă de infecţii prin scăderea numărului de globule albe. Cu zeci de ani în urmă, cînd efectele radiaţiilor emise de el asupra organismului nu erau încă bine cunoscute, radiul era folosit pe cale internă, la tratarea diferitelor boli. Cercetîndu-se după cîţiva zeci de ani, persoanele astfel tratate, s-au observat efectele defavorabile pe care le-a avut acest tratament asupra oaselor şi organelor formatoare de globule roşii. Acest tratament nu mai e folosit de mult şi radiul nu poate pătrunde în corpul nostru decît în mod cu totul accidental.

Faţă de pericolul pe care-l reprezintă radiaţiile alfa, radiaţiile beta şi gama sînt mai puţin periculoase.

Dintre substanţele radioactive care ar pătrunde în organism, cele mai periculoase ar fi acelea care

au o perioadă de dezintegrare foarte lungă. De pildă, izotopul radioactiv ^{90}Sr (stronţiu) cu perioadă foarte lungă (28 de ani), e un emiţător foarte periculos de particule beta. El se depune îndeosebi în oase unde rămîne în medie 7 ani şi jumătate şi are efecte asemănătoare cu acelea ale radiului. Stronţiul 90 este unul din corpurile radioactive produse în cantitate mare în timpul exploziilor atomice. Pericolul experienţelor atomice constă tocmai în încărcarea atmosferei cu aceste corpuri radioactive.

Iradierile interne sînt atît de periculoase deoarece ele acţionează fără întrerupere asupra ţesuturilor. Aceasta le deosebeşte de iradierile externe, care nu acţionează continuu, putînd fi întrerupte oricînd.

În sfîrşit, este bine cunoscut astăzi faptul că aplicarea unei cantităţi mari de radiaţii, un timp îndelungat, poate provoca apariţia cancerului. Atît radiaţiile X şi gama cît şi cele corpusculare au în această privinţă efecte asemănătoare. Iată deci că aceleaşi radiaţii, care sînt folosite pentru distrugerea ţesuturilor canceroase, pot, în anumite cazuri, să dea naştere acestei groaznice boli.

Cancerul provocat de raze nu apare niciodată imediat după acţiunea lor. Pînă la apariţia lui se scurge o perioadă de timp cu atît mai mare cu cît viaţa organismului respectiv este mai lungă. De pildă, dacă omul este expus unor doze repetate, cancerul apare după aproximativ 10—20 de ani. În schimb, la şoarece, a cărui viaţă este foarte scurtă

în comparație cu cea a omului, el apare în cîteva luni de la acțiunea radiațiilor.

Acționînd asupra organelor genitale o cantitate prea mare de radiații sau cantități mici dar repetate, poate provoca sterilitatea (incapacitatea de reproducere). Această problemă a preocupat pe cercetători. Făcîndu-se astfel experiența la un lot de 12.000 de șoareci, s-a stabilit că acțiunea radiațiilor provoacă la femele o sterilitate permanentă și ireversibilă, pe cînd la masculi sterilitatea e vremelnică.

De pildă, șoarecii masculi iradiați cu doze mici timp de douăsute de zile deveneau, spre sfîrșitul experienței, sterili. Numai după două luni capacitatea de reproducere se refăcea. În schimb, la șoricioaice, efectul era permanent, chiar la doze mai mici.

Mai mult, s-a observat că acțiunea radiațiilor asupra organismului îi scurtează viața. Experiența efectuată tot pe animale a arătat că într-adevăr, acțiunea lor duce la o scurtare a vieții. Un cercetător american a arătat de asemenea că o doză de 1500 roentgeni primită pe tot organismul scurtează viața omului cu 6 luni.[1]

Dar multe din experiențele efectuate pe animale nu pot fi folosite la aprecierea proceselor pe care le-ar suferi și omul, deoarece, după cum am văzut, rezistența față de radiațiile ionizante diferă de la o specie la alta.

[1] Statistici efectuate în S.U.A. arată că viața celor care lucrează în mediu radiant (medici radiologi etc.) este în medie mai scurtă cu 5 ani.

Toate acestea arată cît de primejdioase sînt radiațiile și cît de atenți trebuie să fie cei care le mînuiesc.

Dar, în condițiile experiențelor bombelor atomice, pericolul nu rămîne numai pentru cei care lucrează efectiv cu substanțele radioactive. Astăzi acest pericol pare a amenința întreaga societate. Cele 160—180 de experiențe atomice efectuate în decurs de 13 ani, au produs o energie egală cu 6—7 mii de bombe atomice de tipul celei aruncate la Hiroșima. Corpurile radioactive care iau naștere în timpul unei explozii se ridică la mari înălțimi formînd nori de pulbere foarte fină. Această pulbere fină e antrenată de vînt și se repartizează pe toată suprafața globului. Ploile sau zăpezile aduc pe pămînt pulberea radioactivă[1], care e fixată apoi de plante. Plantele fiind folosite de animalele a căror carne o folosim noi pentru alimentație, corpurile radioactive se absorb și se acumulează în organismul nostru, asupra căruia acționează. Dar mai mult, laptele vacilor, produsele lactate, fructele și alte produse se încarcă cu substanțe radioactive.

Constatarea acestor fapte a determinat pe mulți savanți atomiști să ia atitudine împotriva continuării experiențelor cu arme atomice. Ele constituie un real pericol pentru securitatea societății și trebuie stăvilite.

[1] Măsurători efectuate în Germania au arătat că unele ploi sau precipitații sînt periculoase, datorită concentrației mari de substanțe radioactive pe care le conțin ($1{,}2.10^{-6}$ μC/ml)

Veţi fi poate surprinşi atunci cînd veţi afla că şi în atmosferă se găsesc radiaţii ionizante. Într-adevăr, dacă aţi avea la îndemînă un tub Geiger-Müller, v-aţi da seama cu uşurinţă de existenţa lor.

Dar de unde vin aceste radiaţii ? Prezintă oare ele un pericol pentru organismele vii ? Iată două întrebări pe care vi le-aţi pus de cum aţi auzit că radiaţiile ionizante împînzesc întreaga atmosferă.

Descoperirea nu este nouă. Ea datează încă de la începuturile secolului nostru. Cam prin 1910 fizicienii au descoperit că pămîntul primeşte în mod continuu o radiaţie de natură necunoscută, caracterizată printr-o mare putere de pătrundere. Făcîndu-se măsurători, prin aero-sonde, la înălţimi de 5 000—10 000 metri [1], s-a constatat că radiaţiile misterioase au în această zonă o energie cu mult mai mare decît cea măsurată la nivelul mării. Radiaţiile au fost denumite, de fizicianul american Milikan, radiaţii cosmice. Se pare că ele vin, în cea mai mare parte, din soare şi sînt formate din nuclee de hidrogen (protoni), helioni (radiaţii alfa) şi electroni. Aceste particule sînt înzestrate cu energii uimitoare. Străbătînd straturile superioare ale atmosferei pămînteşti, ele izbesc atomii gazelor pe care-i întîlnesc dînd naştere la radiaţii secundare, care au fost puse în evidenţă de fizicieni la nivelul pămîntului. S-a constatat că radiaţiile secundare sînt formate din particule care au masa de

[1] Acestea erau posibilităţile de sondaj ale spaţiului înconjurător în momentul acela ; astăzi cu ajutorul rachetelor şi al sateliţilor a devenit posibil studiul spaţiului cosmic.

200—2000 ori mai mare decît a electronului. În felul acesta s-au descoperit noi particule elementare care au fost botezate „mezoni" şi „hiperioni".

O altă sursă, cu mult mai redusă, de radiaţii ionizante o constituie însăşi radioelementele naturale.

Trebuie să ştim că energia acestor radiaţii existente în natură este atît de slabă încît nu constituie încă un pericol pentru dezvoltarea fiinţelor vii.

Pericolul radiaţiilor ionizante a apărut o dată cu folosirea intensivă a razelor X, a radioelementelor şi în sfîrşit a crescut în ultimul timp cu descoperirea mijloacelor de punere în libertate a energiei nucleare (experienţele cu armele atomice). Deci, acest pericol a fost creat de mîna omului şi, după cum am văzut, el datează numai de şase decenii.

O dată cu introducerea pe scară tot mai largă a radiaţiilor în practica medicală, era interesant de stabilit cine este expus mai mult pericolului : bolnavul sau medicul.

Într-adevăr, atunci cînd se folosesc radiaţiile X sau izotopii radioactivi pentru a se aplica un tratament, bolnavul nu are de înfruntat nici o primejdie. Medicii şi specialiştii ştiu astăzi exact ce cantitate de radiaţii trebuie să folosească în fiecare caz în parte. La fel, cînd se pune un diagnostic sau se folosesc izotopii în cercetări biochimice sau fiziologice nu se folosesc cantităţi care ar putea fi periculoase pentru pacienţi.

Primejdia cea mai mare îi ameninţă de fapt pe medicii şi pe specialiştii care mînuiesc zilnic substanţele radioactive. Ei au de aplicat numeroase

tratamente, sau de efectuat multiple cercetări. În acest fel, medicii sînt expuși la acțiunea repetată a radiațiilor un timp îndelungat. În capitolul precedent am văzut urmările grave ale radiațiilor atunci cînd acționează în doze mai mari.

Pentru a împiedica acțiunea lor vătămătoare asupra persoanelor care lucrează zi de zi în acest domeniu, s-au luat, după cum o să vedem, o serie întreagă de măsuri.

Totuși, nu în toate situațiile se pot asigura condițiile necesare pentru a împiedica complet iradierea. De aceea, s-au stabilit — în scopul de a evita orice accident — anumite limite de iradiere.

Aceste limite se numesc „doze de toleranță" și se consideră că nu au nici o acțiune dăunătoare asupra organismului în tot restul vieții (timp de iradiere — 30 de ani).

Este cunoscut faptul că acțiunea radiațiilor asupra organismului trebuie apreciată în raport cu timpul în care a acționat doza respectivă. În acest scop, s-a introdus noțiunea de „doză-debit", pe care trebuie să o considerăm ca doză primită într-o unitate de timp. Pentru a măsura puterea dozei, ne servim ca unitate de măsură de „r" (roentgen), raportat la timpul de iradiere care poate fi considerat : săptămîna, ziua, ora, minutul, secunda.

Un exemplu ne va lămuri mai bine.

O persoană care lucrează în mediu de radiații ionizante nu trebuie să primească o doză mai mare de 0,3 r pe săptămînă sau 0,05 r pe zi [1] conform dozelor de toleranță internaționale adoptate pînă

[1] Săptămîna e considerată de 6 zile, iar ziua de 6 ore.

la ora actuală la Congresele de radiobiologie. Dacă a primit această doză va fi obligat să părăsească imediat încăperea, așteptînd pînă a doua zi cînd poate să-și reia activitatea. În cazul cînd în mod accidental a primit doza pe o săptămînă, într-o singură zi, nu va mai avea permisiunea de a lucra în mediu radiant timp de o săptămînă.

Aceste doze au fost stabilite în anul 1950 și sînt considerate ca doze internaționale. Ele au însă tendința de a se reduce. În unele țări s-au adoptat doze de toleranță de 10 ori mai mici (Suedia, Germania, Republica Populară Romînă).

Radiațiile cosmice, care după cum am văzut împînzesc atmosfera, sînt de 100 respectiv 10 ori mai mici decît dozele de toleranță.

Se recomandă de a nu depăși niciodată aceste doze internaționale și se preferă să se lucreze pe cît posibil sub nivelul acestor limite.

Personalul care este expus în mod regulat la acțiunea radiațiilor ionizante are un program de lucru redus și concedii suplimentare de odihnă. De asemenea, el este supus unei rotații, adică după o perioadă de 12—15 luni de muncă în aceste domenii, trece o perioadă de trei luni în munci unde nu mai este expus acțiunii radiațiilor. Radiologii, în țara noastră, au program de 6 ore pe zi și un concediu anual de 24 de zile.

În felul acesta, se caută să se obțină o protejare cît mai eficace a organismelor care sînt expuse pericolului iradierii prelungite.

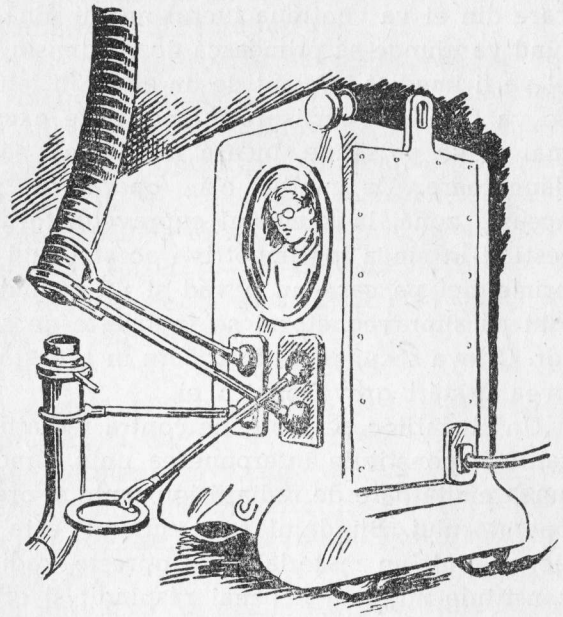
După cum se știe, posibilitățile de folosire a radiațiilor ionizante sînt extrem de vaste, aproape nelimitate. Aceasta înseamnă că, în practică, se întîlnesc condiții foarte variate de producere și manipulare a substanțelor radioactive. De aceea, măsurile de tehnica securității și protecția muncii vor avea un caracter variat și complex, în funcție de condițiile concrete ale modului de utilizare și mînuirea substanțelor radioactive.

În general, măsurile de protecție în acest domeniu se bazează pe următoarele principii fundamentale.

Pe de o parte, operatorul trebuie protejat împotriva surselor exterioare de iradiație. Pe de altă parte, el trebuie apărat împotriva pătrunderii de substanțe radioactive în interiorul organismului său.

Prima cerință se îndeplinește prin reducerea la minimum posibil a intensității radiațiilor ionizante, fie că este vorba de un tub roentgen, fie că este vorba de materiale radioactive. De asemenea, este important să se obțină și reducerea timpului de expunere la acțiunea radiațiilor. Cu cît acest timp va fi mai scurt, cu atît doza iradierii la care este supus operatorul respectiv va fi mai mică. Se recomandă să se fracționeze timpul necesar de expunere pentru executarea unei lucrări.

Operatorul, primind doza admisibilă în mod fracționat, va fi avantajat. În acest caz putem compara acțiunea radiațiilor cu acțiunea medicamente-



Blindaj pentru protecția operatorului în zonele puternic radioactive

lor. Închipuiți-vă ce s-ar întîmpla cu un bolnav căruia i s-a prescris să ia o anumită doză zilnică dintr-un medicament și care ar lua, dintr-odată, întreaga cantitate cuvenită unui tratament pe timp de un an ! Fracționarea dozelor de iradiere se poate realiza și prin cooperarea la efectuarea unei operațiuni a mai multor persoane.

De exemplu, s-a semnalat o defecțiune a reactorului nuclear. Pentru efectuarea reparației este necesară prezența omului în această zonă activă. Cunoscînd intensitatea de iradiere în această zonă, se va alege un număr mai mare de operatori. Fie-

care din ei va continua lucrul numai pînă în clipa cînd va ajunge să primească doza admisibilă. Apoi, el va fi imediat înlocuit de un altul. În felul acesta se va face o repartizare a unei doze excesive pe mai multe persoane, în așa fel ca ea să nu fie dăunătoare. De multe ori, operatorii părăsesc această zonă, la semnalul supraveghetorului, protestînd în sinea lor împotriva acestei fugi din fața primejdiei pe care nu o văd și nu o simt. Dar ei știu că supraveghetorul se îngrijește de sănătatea lor. Cîteva secunde de întîrziere în această zonă ar avea urmări grave pentru ei.

Un alt mijloc de protecție contra radiațiilor ionizante îl constituie înterpunerea unui blindaj între sursa emițătoare de radiații ionizante și organismul operatorului. Blindajul sau ecranul este confecționat dintr-un material care oprește radiațiile, și constituie mijlocul cel mai răspîndit și eficace de a împiedica împrăștierea radiațiilor dintr-o sursă radioactivă și a proteja, în felul acesta, personalul care se găsește în apropierea lor.

Blindajul se deosebește în ceea ce privește materialul din care e confecționat, după cum este necesar a opri razele X și razele gama, particulele alfa, beta sau neutronii. De pildă, razele X sau gama cer, în raport cu energia și intensitatea lor, blindaje de plumb, oțel sau de beton cu grosime mare. Particulele beta sînt reținute de un ecran de materie plastică (plexiglas) sau de metal (de ex. aluminiu) cu o grosime de numai cîțiva milimetri. De asemenea o mare parte din particulele beta sînt

reținute de peretele de sticlă al fiolei în care se găsește radioizotopul (soluție).

În ceea ce privește particulele alfa, ele nu reprezintă un pericol în cazul iradierii din exterior, deoarece am văzut că se absorb în stratul superficial al pielii. Ele sînt oprite chiar de o foaie de hîrtie, fără a mai vorbi de alte materiale. Totuși, pentru a nu pătrunde în organism prin eventualele răniri ale pielii, se recomandă ca toate manipulările cu aceste radioelemente să se facă cu mănuși de cauciuc de tip chirurgical.

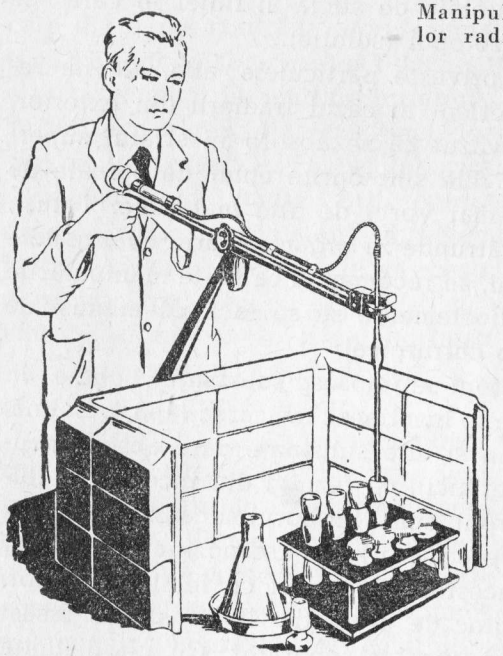
Pentru neutroni se folosesc substanțe bogate în hidrogen, care le încetinesc mișcarea (apă, parafină, beton), precum și alte substanțe care absorb neutronii lenți (termici), ce rezultă din încetinirea fluxului de neutroni, cum sînt borul și cadmiul. Astăzi, există norme precise privind compoziția blindajelor și grosimea acestora în raport cu felul radiațiilor.

Un bun mijloc de protecție îl constituie însăși distanța dintre sursă și operator. Cu cît distanța va fi mai mare cu atît expunerea la radiații va fi mai mică.

Dacă vom mări distanța de la sursă de 10 ori, intensitatea de iradiere scade de 100 de ori ; mărind distanța de 100 ori, intensitatea se micșorează de 10 000 de ori [1].

Dar cum se poate realiza această protecție ? În primul rînd, sălile în care se execută operații de manipulare a izotopilor radioactivi vor fi suficient de încăpătoare.

[1] Scăderea intensității de iradiere este invers proporțională cu pătratul distanței.



Manipularea substanțelor radioactive cu telepipeta

Apoi, instrumentarul cu care se manipulează substanțele radioactive este făcut în așa fel, încît să asigure o distanță minimă de 30 cm între sursă și operator.

Acest instrumentar este foarte variat, începînd cu o simplă pensă cu care se prinde tubul cu conținut radioactiv și pînă la mîna mecanică, aparat complicat ce înlocuiește mîna omului și care este comandat de la distanță. În același scop se mai folosesc crampoane cu mînere lungi sau dispozitive electromagnetice de apucare.

În cazul cînd se manipulează soluții radioactive, nu se folosesc pipete obișnuite în care se aspiră cu gura. Pentru aceasta s-au confecționat pipete speciale cu piston, așa-numitele telepipete. Pipetele sînt comandate de la distanță, persoana care le manipulează fiind protejată de efectul radiațiilor. În laboratoarele de radiochimie s-au pus la punct numeroase dispozitive pentru manipularea precisă și fără pericol a lichidelor radioactive.

Mai greu este de realizat protecția împotriva absorbției corpilor radioactivi pe cale internă. Asemenea substanțe pot să fie împrăștiate sub formă de pulberi, gaze sau soluție. Norme sanitare speciale prevăd dozele de toleranță a radioizotopilor pentru organism precum și concentrațiile admisibile în aer și în apă.

Tablou cu concentrațiile admisibile a cîtorva elemente

Radio-elementul	Perioadă de înjumătățire	Cantitățile maxime permise		
		în atmosferă, în microcurie pe cm^3	în apă potabilă, în microcurie pe cm^3	în organism, în microcurie
Carbon 14	5729 ani	1.10^{-6}	—	30
Sodiu 24	14,97 ore	1.10^{-6}	$0,8.10^{-2}$	15
Fosfor 32	14,3 zile	2.10^{-8}	2.10^{-4}	10
Sulf 35	87,1 zile	1.10^{-6}	1.10^{-2}	200
Iod 131	8,14 zile	3.10^{-9}	3.10^{-5}	0,3
Radon 222	3,8 zile	5.10^{-8}	—	—
Radiu 226	1590 ani	8.10^{-12}	4.10^{-8}	0,1

Concentrațiile admise se bazează pe faptul că nici un organ sau țesut nu va primi din partea lor o doză mai mare de 15 miliremi în 24 de ore. Ele

sînt exprimate în microcurie, care reprezintă a milionimea parte dintr-un curie, unitatea de măsură a radioactivității. [1]

În genere, trebuie să fie protejate toate căile prin care ar putea pătrunde în organism substanțele radioactive. Astfel, trebuie să apărăm nasul și gura precum și porii din piele. Încăperile de lucru trebuie să fie amenajate, prevăzute cu instalații de ventilație generală și locală. Procesul tehnologic trebuie organizat în mod rațional spre a împiedica răspîndirea substanțelor radioactive. Un loc important, printre măsurile de protecție a muncii, îl ocupă întreținerea unei perfecte stări de curățenie a încăperilor de lucru, o strictă igienă corporală, interdicția de a mînca, bea sau fuma la locul de muncă, echipamente de protecție corespunzătoare. Deosebit de important este controlul regulat și sistematic al intensității radiațiilor în încăperile în care se manipulează substanțe radioactive precum și al operatorilor care efectuează lucrările.

Aceste măsuri au o importanță capitală pentru protecția muncii. Mai ales în cazul izotopilor cu o lungă perioadă de dezintegrare și care se concentrează în anumite organe, (Calciu^{45}, Stronțiu^{90}, Bariu ^{135}) este necesar a se lua cele mai stricte măsuri în această direcție.

În cazul cînd există posibilitatea de răspîndire a prafului, vaporilor, gazelor sau cetei radioactive, manipularea substanțelor radioactive se face în in-

[1] Un curie reprezintă $3{,}7.10^{10}$ dezintegrări pe secundă și corespunde la numărul de dezintegrări pe secundă pe care le are 1 gram de radiu.

stalații speciale, ermetic închise și din care se aspiră continuu aerul. Astfel, presiunea aerului în aceste instalații va fi mai scăzută decît în încăperea de lucru obișnuită. Datorită acestui fapt, se împiedică răspîndirea substanțelor radioactive în aerul atmosferic înconjurător. Bineînțeles că aerul aspirat din aceste instalații trebuie să fie curățat de substanțele radioactive, înainte de a fi evacuat în afara încăperii de lucru (prin filtre speciale).

În încăperile de lucru cu izotopii radioactivi trebuie să domnească pretutindeni o curățenie desăvîrșită. Orice cantitate de substanțe radioactive răspîndite în cursul manipulării lor trebuie să fie imediat îndepărtate. Apa de spălare, deșeurile și rezidurile radioactive se colectează în vase speciale spre a nu fi evacuate în canalele obișnuite.

Personalul care manipulează substanțe radioactive folosește mănuși subțiri de cauciuc sau își unge pielea cu creme speciale, care constituie o adevărată barieră pentru substanțele radioactive. Aceste măsuri se iau întotdeauna cînd se manipulează substanțe radioactive care nu sînt conținute în capsule de protecție.

Pentru spălarea mîinilor se folosesc paste sau soluții speciale. Curățirea localurilor de lucru se face de asemenea cu mijloace speciale, îndeosebi prin metode umede, care asigură protecția personalului care execută această operație.

O altă problemă care a trebuit să fie rezolvată a fost aceea a îndepărtării rezidurilor radioactive.

S-ar părea că îndepărtarea lor din întreprinderi sau instituții nu poate să constituie o problemă difi-

cilă. Ce mare lucru este să îndepărtezi resturile de materiale radioactive care nu mai pot fi utilizate ? Dar, cu toate acestea, rezolvarea corectă a acestei probleme, foarte simplă în aparență, a dat multă bătaie de cap specialiștilor.

Într-adevăr, dacă aceste reziduri ar fi îndepărtate la fel ca oricare alte resturi în canale sau pe cîmp, radiațiile pe care le emit ar putea să facă mult rău colectivităților omenești din împrejurimi.

De aceea, ele sînt supuse unei prelucrări speciale în scopul de a fi făcute nepericuloase. Resturile solide, mai ales în cazul izotopilor cu o perioadă lungă de dezintegrare, sînt de asemenea supuse unor prelucrări speciale. Apoi sînt amestecate cu ciment, iar blocurile obținute se îngroapă în pămînt la o adîncime de cel puțin 1,50 m. Locul este marcat și păzit spre a se împiedica accesul animalelor sau oamenilor pe aceste terenuri speciale.

Rezidurile gazoase sînt purificate în filtre speciale și numai după aceea aerul este evacuat în atmosferă. Evacuarea aerului, chiar după curățarea sa, se face la o înălțime mai mare și în astfel de locuri, încît să nu poată pătrunde în locuințe sau în săli de lucru.

SEMNALIZATORI AI PERICOLULUI

Pentru a se putea lua măsuri sanitare și de protecție, chiar dacă nu se cunoaște natura substanțelor agresive, este necesar să se constate cît mai

rapid posibil prezența pericolului. În cazul substanțelor chimice primul mijloc care permite să se descopere prezența substanțelor toxice sînt organele de simț.

Dar cum radiațiile ionizante nu acționează asupra acestor organe, prezența lor nu poate fi descoperită de operator însăși. Totuși, oamenii nu puteau să-și desfășoare activitatea sub această amenințare invizibilă care plana asupra lor. În acest scop, tehnicienii au creat semnalizatori, care sînt sensibili la acțiunea radiațiilor și vin să completeze simțurile omului cu ceea ce natura nu l-a înzestrat. Aceste aparate speciale de detecție s-au numit receptori sau detectori.

Am vorbit mai înainte despre tuburile Geiger-Müller, despre tuburile cu scînteiere (scintilație) și despre camerele de ionizare care sînt folosite la detectarea radiațiilor în laborator. Acum însă nu e vorba de aceste aparate, ci despre dispozitivul individual pe care este obligat să-l poarte fiecare operator care-și desfășoară activitatea în mediu radiant.

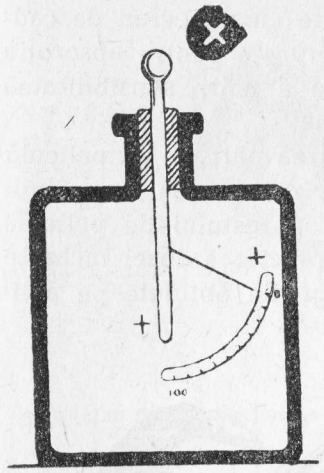
Pentru a înțelege utilitatea sa, să urmărim un cercetător care își începe activitatea într-un astfel de laborator.

E ora 8 dimineața. Odată intrat în institut, cercetătorul se îndreaptă spre vestiar. Aici își schimbă hainele de oraș cu cele de laborator, pe care le găsește în fiecare dimineață curate și decontaminate. După ce s-a îmbrăcat, deschide un sertar din care scoate un... stilou. Privind pe la extremitatea lui, în zare, cercetătorul pare că-i verifică încărcă-

tura. Într-adevăr, el verifică încărcătura, dar nu de cerneală, pentru că acest dispozitiv nu este un stilou adevărat, ci un receptor de radiații. Într-un carnet el își notează cifra citită, apoi îl așază la buzunarul de sus al halatului, după care intră în laboratorul de lucru.

Desfășurîndu-și munca cu multă atenție, cercetătorul nu va uita, ca din cînd în cînd, să arunce o privire și la stilodozimetru. El va observa dacă, absorbit de muncă, nu a primit o doză mai mare decît cea permisă. De asemenea, el va nota în carnetul său, la sfîrșitul fiecărei zile de muncă, doza care l-a iradiat. Aceasta e indicată de stilodozimetru. Notarea zilnică a dozei e necesară pentru a ști oricînd ce cantitate de radiații a acționat asupra organismului. Ați văzut, mai sus, că sînt stabilite anumite doze permise. Făcînd socoteala, cercetătorul nu are voie să primească mai mult de 3 rem pe sfert de an sau 5 rem pe an. La fel s-a stabilit că pînă la vîrsta de 30 de ani să nu primească, în totalitate, mai mult de 50 rem, iar de la această vîrstă cîte 50 rem pentru fiecare 10 ani de activitate.

Dar... ce este acel receptor pe care tehnicienii, din cauza asemănării lui cu un stilou, l-au botezat stilodozimetru ? El se compune dintr-un electroscop și o cameră de ionizare. Electroscopul măsoară sarcina care s-a acumulat în camera de ionizare. El este format dintr-un cadru metalic, pe care este prinsă o fibră de cuarț metalizată (aurită) în formă de T cu ajutorul căreia se citește pe scala ocularului gradată în miliroentgeni. Întregul sistem e



Schema electrometrului ce stă la baza construirii stilodozimetrelor

fixat într-un mic suport izolant, care se introduce într-un tub de aluminiu asemănător unui stilou. Electroscopul se încarcă la o baterie. Radiațiile ionizează aerul din camera de ionizare și în felul acesta va descărca treptat electroscopul, deplasînd firul de cuarț, cu atît mai mult cu cît radiația va fi mai intensă. După poziția firului pe scală se poate stabili doza primită de cercetător. Citirea se face direct, cu ajutorul sistemului optic corespunzător și cu un dispozitiv de iluminare.

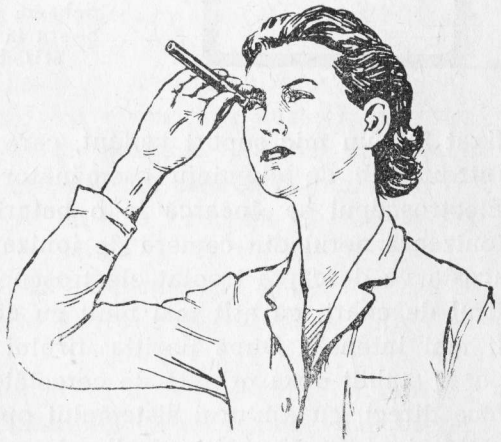
Acest dispozitiv poate fi așezat și într-o carcasă de ceas și purtat astfel la mînă.

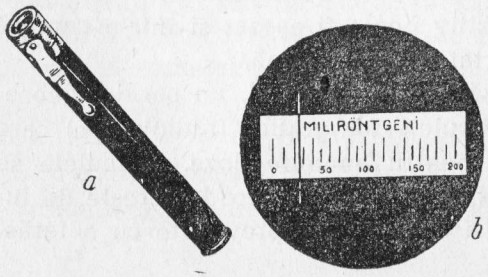
Dar, pe lîngă acești receptori, un servici deosebit îl aduc peliculele fotografice (radiologice) care sînt etalonate pentru anumite doze. Peliculele se înfășoară în hîrtie neagră — care le ferește de lumină — și se așază în cutii prevăzute cu o ferăs-

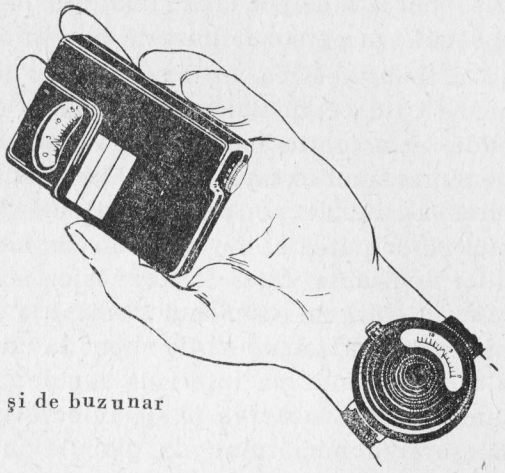
truică acoperită pe jumătate cu un ecran de cadmiu sau argint. Aceasta servește pentru absorbția particulelor beta și pentru a mări sensibilitatea înregistrării radiațiilor gama.

După developare, înnegrirea părților de peliculă acoperită de ecran caracterizează doza de radiații gama primită, iar înnegrirea restului de peliculă — doza de radiații beta. Aprecierea dozei încasate se face în raport cu înnegririle obținute pe pelicula-etalon.

Citirea stilodozimetrului:
a — *stilodozimetru*;
b — *scala interioară gradată în miliroentgeni*







Dozimetru ceas și de buzunar

Cutiile cu pelicule se fixează de obicei la halat la nivelul pieptului. Uneori, peliculele pot fi introduse în inele sau brățări de aluminiu care se fixează pe deget sau la încheietura mîinii.

Acești receptori sînt absolut necesari în fiecare laborator unde se lucrează cu preparate radioactive. Controlul medico-sanitar al stării sănătății personalului nu se poate exercita fără aceste dispozitive, deoarece medicul trebuie să știe ce doză a încasat fiecare operator. Celelalte metode de control nu sînt suficient de sensibile și specifice.

MĂSURI SUPLIMENTARE...

Rolul cel mai important în legătură cu protecția muncii contra radiațiilor îl au măsurile tehnice. Dacă se aplică măsurile tehnice care au fost des-

crise mai sus, se pot crea condiţii sigure de muncă, şi sănătatea personalului este bine protejată.

Cu toate acestea, este necesar ca măsurile tehnice să fie completate şi cu măsuri medicale. De pildă, este foarte important ca fiecare salariat să fie supus unui examen medical amănunţit, la angajarea sa. Acele persoane care suferă de anumite boli ce ar putea să fie agravate de acţiunea radiaţiilor ionizante chiar în doze mici, nu pot fi angajate. În afară de examenul medical la angajare, fiecare salariat trebuie să fie supus la un examen medical amănunţit, la intervale regulate, de 3 sau 6 luni. Dacă se observă unele tulburări, ca de pildă micşorarea numărului de globule în sînge, persoana respectivă trebuie să fie transferată la alt loc de muncă, unde expunerea la radiaţii este mai redusă, sau se vor lua măsuri suplimentare de protecţie la locul de muncă respectiv.

În uzinele atomice, măsurile de protecţia muncii sînt încă şi mai complexe. Fiecare loc de muncă şi fiecare proces tehnologic a fost studiat din punct de vedere al protecţiei muncii de către specialiştii în acest domeniu. Există astăzi recomandări şi indicaţii precise asupra modului de organizare corectă a muncii şi cu privire la dispozitivele şi măsurile de protecţie ce trebuie luate pentru ca munca să se desfăşoare în condiţii lipsite de pericol pentru sănătatea şi viaţa oamenilor care lucrează în aceste întreprinderi.

În asemenea uzine sînt folosite pe o scară largă automatizarea şi conducerea de la distanţă a numeroase operaţiuni şi procese tehnologice.

Un loc important îl ocupă normele speciale de tehnica securităţii în minele de unde se extrage minereul radioactiv — precum şi la instalaţiile de prelucrare şi tratare a minereului extras.

Pentru întocmirea acestor norme, au fost de mare folos experienţa şi observaţiile culese timp mai îndelungat la minele mai vechi de uraniu, cum sînt minele de uraniu şi radiu de la Schneeberg (Germania) şi cele de la Ioachimstal (Cehoslovacia). În sfîrşit, pentru a încheia această sumară expunere a măsurilor de protecţie a muncii şi tehnica securităţii în acest domeniu, vom aminti măsurile de securitate în legătură cu transportul materiilor radioactive.

E lesne de înţeles că transportul unor astfel de materiale ridică o serie de probleme complicate. În timpul transportului, dacă acesta nu se face în mod corect, o serie de persoane pot fi expuse acţiunii radiaţiilor ionizante.

De aceea, se folosesc în acest scop ambalaje speciale, ermetic închise, confecţionate din materiale care opresc în întregime radiaţiile ionizante. Aceste materiale diferă, după cum este vorba de o formă sau alta de radiaţie pe care o emite materialul respectiv.

Chiar modul de a se eticheta ambalajele care conţin substanţe radioactive a fost standardizat. Astfel, se folosesc în acest scop etichete speciale care atrag atenţia asupra conţinutului ambalajului respectiv. Norme şi reguli speciale cu privire la cerinţele tehnicei securităţii au fost stabilite

pentru fiecare modalitate de transport: poștă, autovehicule, cale ferată, maritimă și aeriană.

Astfel, de pildă, atunci cînd materialele radioactive trebuie să fie transportate cu avionul, ele sînt puse în niște locașuri speciale ce se află în extremitatea aripilor avionului. În acest fel se evită orice fel de iradiere a personalului.

Din descrierea sumară prezentată în paginile de mai sus, s-a putut vedea că tehnica dispune de suficiente și variate mijloace pentru a ocroti sănătatea și viața celor ce muncesc în domeniul radioactivității. Experiența instituțiilor sovietice și a celorlalte state avansate în acest domeniu a demonstrat că, prin organizarea justă a procesului muncii, se poate realiza o deplină și reală securitate a muncitorilor din această ramură.

Pentru țara noastră care, datorită resurselor sale naturale, are largi perspective de dezvoltare în domeniul radioactivității, experiența sovietică este deosebit de prețioasă. Cu ajutorul tehnico-științific al Uniunii Sovietice nu numai că vom izbuti să dezvoltăm această ramură de activitate, dar, în același timp, vom reuși să-i creăm condiții sigure și sănătoase de muncă.

PĂTRUNDEM ÎN CÎTEVA DIN TAINELE VIEȚII

UN AJUTOR PREȚIOS — IZOTOPUL RADIOACTIV

De sute de ani oamenii de știință cercetează diferitele fenomene care se petrec într-un organism. Mijloacele tehnice pe care și le-au creat cu multă ingeniozitate i-au purtat pe drumurile inaccesibile observației libere, deschizîndu-le multe porți pînă atunci necunoscute.

De la lentilele șlefuite ale lui Leeuwenhoeck pînă la microscopul electronic, multe și variate au fost uneltele cu ajutorul cărora oamenii de știință au reușit să smulgă din secretele naturii. Curiozitatea lor a împins cercetările pînă la descoperirea unora din cele mai ascunse taine ale vieții.

Descoperirea mijloacelor de folosire a energiei nucleare a deschis noi și însemnate perspective cercetării științifice. Ea îmbogățește tehnica de cercetare prin metode noi, mai fine și mai perfecționate decît cele din trecut. În multe ramuri ale științei, fenomene cărora nu li se putea găsi o explicație completă și precisă, datorită imperfecțiunii mijloacelor de analiză, au putut și vor putea fi studiate și lămurite cu ajutorul izotopilor radioactivi. O cunoaștere temeinică a acestora sporește mult

pentru fiecare modalitate de transport: poștă, autovehicule, cale ferată, maritimă și aeriană.

Astfel, de pildă, atunci cînd materialele radioactive trebuie să fie transportate cu avionul, ele sînt puse în niște locașuri speciale ce se află în extremitatea aripilor avionului. În acest fel se evită orice fel de iradiere a personalului.

Din descrierea sumară prezentată în paginile de mai sus, s-a putut vedea că tehnica dispune de suficiente și variate mijloace pentru a ocroti sănătatea și viața celor ce muncesc în domeniul radioactivității. Experiența instituțiilor sovietice și a celorlalte state avansate în acest domeniu a demonstrat că, prin organizarea justă a procesului muncii, se poate realiza o deplină și reală securitate a muncitorilor din această ramură.

Pentru țara noastră care, datorită resurselor sale naturale, are largi perspective de dezvoltare în domeniul radioactivității, experiența sovietică este deosebit de prețioasă. Cu ajutorul tehnico-științific al Uniunii Sovietice nu numai că vom izbuti să dezvoltăm această ramură de activitate, dar, în același timp, vom reuși să-i creăm condiții sigure și sănătoase de muncă.

PĂTRUNDEM ÎN CÎTEVA DIN TAINELE VIEȚII

UN AJUTOR PREȚIOS — IZOTOPUL RADIOACTIV

De sute de ani oamenii de știință cercetează diferitele fenomene care se petrec într-un organism. Mijloacele tehnice pe care și le-au creat cu multă ingeniozitate i-au purtat pe drumurile inaccesibile observației libere, deschizîndu-le multe porți pînă atunci necunoscute.

De la lentilele șlefuite ale lui Leeuwenhoeck pînă la microscopul electronic, multe și variate au fost uneltele cu ajutorul cărora oamenii de știință au reușit să smulgă din secretele naturii. Curiozitatea lor a împins cercetările pînă la descoperirea unora din cele mai ascunse taine ale vieții.

Descoperirea mijloacelor de folosire a energiei nucleare a deschis noi și însemnate perspective cercetării științifice. Ea îmbogățește tehnica de cercetare prin metode noi, mai fine și mai perfecționate decît cele din trecut. În multe ramuri ale științei, fenomene cărora nu li se putea găsi o explicație completă și precisă, datorită imperfecțiunii mijloacelor de analiză, au putut și vor putea fi studiate și lămurite cu ajutorul izotopilor radioactivi. O cunoaștere temeinică a acestora sporește mult

posibilitățile medicului, îl ajută să cunoască mai bine proprietățile celulelor și țesuturilor și să studieze funcțiile organelor unei ființe vii. Doar cunoscînd temeinic fiziologia umană — adică modul cum funcționează diferitele organe din corp — poate medicul să apere organismul de îmbolnăvire, poate să învingă boala și, chiar mai mult, să găsească cele mai eficace mijloace de prelungire a vieții.

Marea noutate pe care o aduc izotopii radioactivi constă în faptul că prin radiațiile pe care le emit ei își marchează drumul parcurs într-un organism și-și trădează în felul acesta prezența oriunde s-ar afla.

Pînă acum, asemenea unui contabil conștiincios, fiziologii și biochimiștii se mulțumeau să țină bilanțul intrărilor și ieșirilor, adică să urmărească absorbția și apoi eliminarea din organism a unui element sau a unei substanțe. Astăzi, însă, ei au la îndemînă o metodă dinamică, rapidă și precisă care-i ajută să afle și ceea ce se întîmplă de la absorbție și pînă la eliminare : este vorba de folosirea acelorași substanțe, însă de data aceasta radioactive.

Într-adevăr, astăzi reactorii nucleari și acceleratorii de particule dau elementelor un semn distinctiv : radioactivitatea. Proprietățile lor radioactive permit deosebirea și recunoașterea lor cu mare ușurință.

Pe drept cuvînt, putem afirma că metodele de cercetare cu radioizotopi au permis atacarea unor probleme pînă acum inaccesibile curiozității oamenilor de știință. Cu ajutorul lor, nu numai că s-au putut confirma unele cercetări și ipoteze importante, dar s-au descoperit și studiat fenomene cu totul nebănuite.

Atomii marcați au dat oamenilor de știință posibilitatea de a studia cu multă precizie și în mod amănunțit una dintre problemele de bază ale fiziologiei : metabolismul substanțelor introduse în organism. S-au adunat astfel multe date prețioase.

De altfel, cele mai multe cercetări de fiziologie cu ajutorul atomilor marcați s-au făcut în domeniul metabolismului. Și pe drept cuvînt, pentru că este vorba de un domeniu foarte important și în care cercetările cu izotopii radioactivi artificiali s-au dovedit a fi de un real folos.

ALIMENTELE — IZVOR DE ENERGIE

Vorbind despre metabolism, oamenii de știință au în fața ochilor o serie întreagă de „procese" destul de complicate care se petrec în toate celulele organismului.

Nu este cazul să le descriem pe toate. În general, cînd vorbim de metabolism, ne gîndim la soarta alimentelor, aerului și lichidelor care pătrund în corpul nostru și care, după nenumărate prefaceri, dau energia necesară proceselor vieții.

Recunoașteți, nu-i așa, că trebuie să fie destul de complicat !

Se știe că viața oricărui organism reprezintă un schimb continuu de substanțe cu natura înconjurătoare. Schimbul de substanțe cu mediul natural înconjurător constituie condiția esențială a vieții tuturor organismelor vii. Aceste schimburi, fără de care viața nu este posibilă, poartă denumirea de „metabolism".

În organismul nostru, în fiecare celulă, se petrece în permanență un dublu proces : pe de o parte, se formează mereu substanțe complexe și, pe de altă parte, are loc descompunerea și distrugerea lor. Primul proces reprezintă asimilarea, iar al doilea dezasimilarea. Dacă aceste „procese" nu au loc, atunci nu este cu putință viața organismului. În decursul unei vieți, substanțele care formează organele, țesuturile, celulele corpului se reînnoiesc de nenumărate ori. Descompunerea substanțelor din celule și înlocuirea lor cu alte substanțe noi, care se introduc sub formă de alimente, din care organismul sintetizează țesutul viu, durează toată viața.

Dezasimilarea și descompunerea substanțelor în organism duc la eliberarea energiei noastre necesare pentru întreținerea vieții, cum ar fi, de pildă, căldura, mișcarea și altele. Iar energia fără de care nu poate exista viața, este conținută în substanțele alimentare. Este conținută, trebuie să precizăm, în stare „potențială" sau, cu alte cuvinte, alimentele „vor putea" s-o elibereze în anumite condiții.

Bine, dar atunci se pune întrebarea : de unde au substanțele alimentare această energie ? Care este

oare acea misterioasă forță care le face capabile să întrețină viața ?

De fapt, nu este vorba de nici un fel de forță misterioasă. Fenomenul a fost explicat de savantul sovietic K. A. Timiriazev. Cele mai multe dintre substanțele alimentare au ca bază tocmai substanțele organice sintetizate de către plante. Clorofila din frunzele verzi posedă proprietatea de a sintetiza substanțe organice din bioxidul de carbon luat din aer și din apa absorbită de rădăcini din pămînt. Frunzele plantelor reprezintă un adevărat laborator, în care grăuntele de clorofilă captează energia razelor solare și, cu ajutorul ei, realizează sinteza substanțelor organice. Fenomenul acesta poartă numele de *fotosinteză*. Substanțele organice preparate de plante și introduse prin hrană în organismul animalelor servesc ca material de construcție pentru alte substanțe din ce în ce mai complicate și ca surse de energie necesară proceselor vitale. „Chiar în clipa aceasta — spunea Timiriazev — în celulele creierului nostru joacă o rază de soare care a fost cîndva captată și înmagazinată de un grăunte de clorofilă". În treacăt fie zis, și în domeniul fiziologiei plantelor s-au făcut și se fac cercetări cu ajutorul atomilor marcați.

Și acum, cînd știm ce este metabolismul, să vedem care anume substanțe iau parte la procesele metabolice.

Substanțele care sînt indispensabile vieții organismului se numesc factori nutritivi. Aceste substanțe sînt : oxigenul, apa, proteinele (ce se găsesc în carne), glucidele (prezente în dulciuri, făinoase),

lipidele (din grăsimi), substanţele minerale şi vitaminele. Toate acestea se găsesc în anumite proporţii în hrană. Ca substanţe alimentare fundamentale trebuie considerate proteinele, glucidele şi lipidele.

Dintre acestea, lipidele (grăsimile) şi mai ales glucidele servesc ca material energetic. Pe seama lor se eliberează energia necesară pentru activitatea muşchilor şi altor organe. Protidele, substanţe care conţin azot şi care au o structură complicată, sînt folosite de organism, îndeosebi ca substanţe plastice (de construcţie).

Alături de conţinutul în substanţe alimentare, alimentele mai conţin diferite substanţe minerale ca sodiu, clor, calciu, potasiu, fosfor, sulf, fier, iod etc. Acestea joacă un rol important în procesele fizico-chimice. De asemenea, ele intră în compoziţia celulelor corpului. Fierul are un rol foarte important, de pildă, în formarea hemoglobinei din globulele roşii ale sîngelui. Hemoglobina dă coloraţia roşie pe care o au globulele roşii şi ea serveşte la fixarea şi transportul oxigenului absolut necesar pentru viaţa celulelor.

În legătură cu rolul fosforului în organism, amintim de asemenea că el intră în compoziţia aproape a tuturor ţesuturilor. Fosforul contribuie la creşterea capacităţii de muncă a omului prin rolul pe care-l joacă în desfăşurarea proceselor energetice ale celulelor.

Vitaminele, care sînt conţinute de alimente, au o importanţă hotărîtoare pentru menţinerea sănătăţii şi capacităţii de muncă.

În sfîrşit, pentru desfăşurarea proceselor lor vitale, organismele îşi sintetizează substanţe care reglează şi catalizează reacţiile biochimice. Acestea sînt hormonii şi enzimele.

Vom vedea în cele ce urmează cum ne ajută elementele trasoare în cercetarea aprofundată a acestor procese.

METABOLISMUL ŞI IZOTOPII

După ce am făcut cunoştinţă cu metabolismul diferitelor substanţe ce se introduc în organism, vom putea urmări cu mai multă uşurinţă unele cercetări efectuate cu izotopi. Cercetările cu izotopi radioactivi dau medicilor posibilitatea de a cunoaşte mai bine diferitele procese şi iuţeala cu care ele se produc atît în organismul sănătos, cît şi în cel bolnav. Pe această cale, medicii vor putea cunoaşte mai temeinic mecanismul îmbolnăvirii, deci vor putea învinge mai uşor şi mai sigur boala.

Pînă în zilele noastre, datorită numeroaselor şi variatelor cercetări ale oamenilor de ştiinţă, multe boli au putut fi cunoscute şi vindecate. Prin folosirea izotopilor radioactivi „indicatorilor" sau „trasorilor radioactivi", cum se mai numesc, se pot rezolva multe din întrebările care pînă astăzi au rămas fără răspuns.

Dar cum se folosesc izotopii radioactivi pentru a cerceta fenomenele care se petrec într-un organism viu ? Doar ştim că radioactivitatea este foarte dău-

nătoare pentru organism. Or, dacă se introduc în corp elemente care produc asemenea radiații, nu se pot ivi oare anumite tulburări sau modificări în starea normală a organismului ?

Folosirea atomilor marcați în tratamentul bolilor se bazează pe cîteva fapte pe care trebuie neapărat să le cunoaștem bine pentru a înțelege însemnătatea deosebită a acestei metode.

Atomii marcați introduși în organism sub forma unor combinații chimice nu tulbură cu nimic mersul normal al proceselor biologice. Ei nu exercită nici un fel de acțiune dăunătoare, deși sînt radioactivi. Cum se explică acest lucru ? Numai prin faptul că pentru cercetările experimentale se poate folosi în practică o cantitate de elemente radioactive sub limita de toleranță, adică o doză complet nevătămătoare.

Și încă ceva : izotopii radioactivi nu se deosebesc din punct de vedere chimic și fiziologic de izotopii stabili. Introduși în organism ei vor urma același drum cu izotopii stabili, fără să falsifice în felul acesta cercetarea.

De pildă, iodul radioactiv (^{131}I), introdus în organism, va urma același drum și va suferi aceleași transformări ca și iodul neradioactiv (^{127}I). Ce însemnătate are aceasta ? Aceasta înseamnă că indicatorii se comportă absolut normal în organism. Ei intră în diferitele combinații chimice exact ca și izotopii stabili, cărora, însă, le lipsesc însușirile radioactive. Rolul lor este să-și semnalizeze în permanență prezența prin radiațiile pe care le emit.

Radiațiile pot fi înregistrate cu aparate speciale de măsură și dau posibilitatea cercetătorului de a urmări cu precizie și ușurință drumul pe care-l urmează în organism elementul sau substanța administrată. În acest fel se poate stabili ce se întîmplă în mod normal cu substanțele introduse în organism. Vom afla viteza cu care circulă, locul unde se concentrează de obicei fazele prin care trece în cursul complicatelor procese din organism, precum și calea pe care se elimină.

Primul care a deschis drumul acestor cercetări a fost Hevesy. În 1923, el s-a gîndit să folosească thoriul (element radioactiv natural) pentru a studia metabolismul plumbului la plante.

Hevesy scălda rădăcinile plantei într-o soluție de azotat de plumb, amestecat cu azotat de thoriu. De ce a fost ales tocmai thoriul ? În primul rînd, pentru că thoriul are proprietăți asemănătoare cu plumbul. În felul acesta, planta nu va face o deosebire între aceste elemente. În al doilea rînd, thoriul posedă o însușire în plus față de plumb. El emite radiații radioactive, ceea ce permite urmărirea cu ușurință a drumului său în plantă.

Măsurînd radioactivitatea diferitelor părți ale plantei, Hevesy a demonstrat că cea mai mare parte din plumb se găsește în rădăcini.

În acea epocă, metoda nu se putea folosi și pentru alte studii, deoarece nu existau elemente radioactive corespunzătoare elementelor neradioactive folosite în mod obișnuit de ființele vii.

O amploare deosebită o iau cercetările cu elemente trasoare abia după ce Irène și Frédéric Jo-

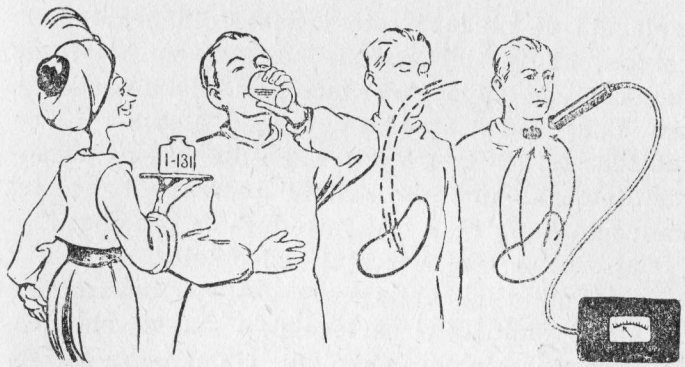
liot-Curie descoperă radioactivitatea artificială și cînd reactorii nucleari și acceleratorii de particule produc și pun la îndemîna oamenilor de știință cele mai variate radioelemente.

Astfel apar fosforul radioactiv, radiofosforul, cum e numit de fizicieni (^{32}P), care devine unul din cei mai folosiți trasori în biologie și medicină, tritiul sau hidrogenul radioactiv (^{3}H), carbonul (^{11}C și ^{14}C), care pe lîngă alte utilizări a permis pătrunderea tainelor asimilării clorofiliene a plantelor, a fotosintezei. De asemenea, sulful (^{35}S), radiosodiul (^{24}Na), radiopotasiul (^{42}K), radiocalciul (^{45}Ca), radioiodul (^{131}I) și nenumărați alți radioizotopi care au permis urmărirea și cunoașterea multor fenomene.

O primă experiență asupra omului a dat cercetătorilor posibilitatea de a aprecia viteza de absorbție a sodiului, potasiului, clorului, iodului și a altor elemente pe cale digestivă. Înghițiți o soluție conținînd o cantitate foarte mică, dar cunoscută, dintr-un astfel de radioelement și țineți în același timp în mînă un tub Geiger-Müller. Tubul Geiger-Müller va semnala momentul cînd mîna vă va deveni radioactivă. Dacă ați notat timpul cînd ați înghițit soluția veți observa că absorbția a început la cîteva minute după aceea. Absorbția totală a sodiului, clorului și iodului durează două ore, iar a potasiului — 4 ore.

Cu ajutorul radioiodului s-a putut cerceta funcțiunea glandei tiroide nu numai pe animale de laborator, dar și pe oameni.

Administrîndu-se radioiodul s-a văzut viteza cu care este transformat acesta în organism. Astfel,



Administrarea radioiodului și dirijarea lui spre tiroidă

în mai puțin de 15 minute iodul pe care l-am administrat sub formă de sare anorganică (iodură), intră în proporție de 95% din cantitatea inițială în combinațiile organice ale organismului.

Efectuîndu-se studii atît pe oameni sănătoși cît și pe bolnavi s-au putut găsi mijloace pentru a pune în evidență foarte devreme cele mai neînsemnate tulburări care apar în funcționarea glandei tiroide.

Studiile întreprinse pînă acum se făceau cu substanțe simple. Radioelementul era introdus în organism cel mai adesea sub formă de sare minerală, ca de exemplu sarea de bucătărie (Na Cl), iodură de sodiu (NaI) și altele. Pentru a lărgi cîmpul de cercetare, oamenii de știință s-au gîndit să „însemneze" cu atomi radioactivi substanțe mai complexe. Aceasta necesită introducerea în molecula substanței respective a unui atom radioactiv. De pildă, o

moleculă de glucoză este formată din 6 atomi de carbon, 12 de hidrogen și 6 de oxigen. Marcarea moleculei de glucoză s-ar face prin înlocuirea unuia sau chiar a doi atomi de carbon stabili (^{12}C) cu radiocarbon (^{14}C) care prin radiațiile sale ne dă posibilitatea să urmărim drumul marcat al acestei molecule după ce a fost introdusă în organism.

Dar cum se face marcajul moleculelor mai mari ?

În primul rînd, obținerea substanțelor marcate cu atomi radioactivi se face prin sinteză chimică. În laboratoarele lor, chimiștii sintetizează astăzi substanțe uneori foarte complicate. E destul ca în vasul de reacție să se adauge o componentă marcată care, alăturîndu-se celorlalte, să ne dea molecula complexă „marcată". De pildă, vrem să obținem acid lactic marcat. Pentru aceasta punem să reacționeze împreună bioxidul de carbon ($^{14}CO_2$), potasiul metalic și amoniacul. Chimiștii ar vedea această reacție în felul următor :

$$^{14}CO_2 + K + NH_3 \rightarrow K^{14}C\ N$$

Ceea ce a rezultat este o cianură de potasiu, o substanță puternic otrăvitoare, cuprinzînd, în cazul nostru, carbon radioactiv. Mai departe, facem ca această substanță să reacționeze cu aldehida acetică (o substanță derivată de la acidul acetic), adică :

$$K\ ^{14}C\ N + \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHO \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ ^{14}C\ N \end{matrix}$$

Substanța obținută, combinîndu-se numai cu o moleculă de apă, va trece în acid lactic și amoniac care se va degaja.

$$\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ C^{14}N \end{matrix} + H_2O \rightarrow \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CHOH \\ | \\ ^{14}COOH \end{matrix} + NH_3$$

Acesta este numai un exemplu. În mod asemănător, chimiștii pot prepara o serie de substanțe marcate printre care amintim cîteva : aminoacizi, zaharuri, acizi minerali, bioxid de carbon și multe altele.

Metoda prezintă însă și multe dificultăți. Astfel, ea nu se poate aplica atunci cînd avem de-a face cu un radioelement cu viață scurtă, pentru că timpul necesar sintetizării e uneori mai lung decît viața acestui radioelement. În cazul cînd produșii sînt sub formă gazoasă trebuie să se lucreze în aparate perfect închise și la presiuni reduse pentru a împiedica orice scăpare a gazului în afară.

Dificultățile au fost înlăturate cînd oamenii de știință au folosit pentru sinteză însăși animalele, plantele sau chiar microorganismele. Prin această metodă „biologică", ei reușesc să marcheze cele mai complexe substanțe, care în laborator ar crea mari dificultăți chimiștilor sau ar fi imposibil de realizat.

În organism, hemoglobina marcată se obține cu multă ușurință, administrîndu-se unui animal sub formă de injecții, fier radioactiv. Dacă, de pildă, folosim pentru aceasta un cîine, el va sintetiza hemo-

globina fără efort și fără nici un fel de pericol. Dar cum s-ar proceda ?

Se administrează cîinelui o cantitate dintr-o sare a fierului radioactiv (citrat de fier radioactiv). După cîteva zile se recoltează din venă o cantitate de sînge din care se extrage hemoglobina care de data aceasta este „marcată" sau „însemnată" prin atomii de fier radioactivi pe care îi conține în moleculă.

La fel vom obține orice altă substanță dacă vom administra animalului elementele radioactive incluse în molecule mici pe care le considerăm că ar putea participa la sinteza unor molecule mai complexe. Hrănind animalele cu aminoacizi care conțin radiocarbon sau radiosulf vom obține molecule proteice „marcate".

Dar cum vor putea să ne ofere aceste substanțe plantele ? Cu aceeași ușurință. Știm că sursa principală de producere a substanțelor complexe la plante sînt moleculele simple de bioxid de carbon și apă.

Dacă atmosfera în care se găsesc plantele este îmbogățită în bioxid de carbon marcat, substanțele care iau naștere vor fi marcate. Pentru aceasta s-au construit sere speciale. Plantele recoltate din aceste sere pot servi fie la separarea moleculelor de glucoză, amidon sau proteine marcate, fie în alimentația animalelor care vor duce la obținerea celor mai variate molecule marcate. În felul acesta au luat naștere adevărate „ferme radioactive". Astăzi s-au construit sere în care s-au creat condiții deosebite, dînd posibilitate omului de a dirija

sinteza în plantă spre substanțe pe care el le dorește. Aceste sere sînt adevărate laboratoare moderne și au primit denumirea de fitotroane. Ele vor permite în viitor obținerea cu mare ușurință a multor substanțe pe care planta, în mod obișnuit, nu le-ar produce și care în laborator sînt greu sau încă imposibil de realizat.

Tot în acest scop oamenii de știință au folosit și microorganismele.

De exemplu, penicilina marcată se obține în mod curent prin creșterea mucegaiului respectiv (Penicillum notatum), pe un mediu de cultură ce conține radiosulf.

Prin trecerea streptococului, colibacilului și a multor alți microbi pe medii de cultură ce conțin fosfor radioactiv s-au putut marca și urmări apoi căile de pătrundere și repartiția lor în organismele vii.

Acestea sînt numai cîteva exemple care ilustrează posibilitățile variate de a obține molecule „însemnate" cu o complexitate oricît de mare, care servesc oamenilor de știință la lămurirea multor fenomene fundamentale ale vieții.

Și acum, să revenim din nou la studiile care au fost întreprinse cu aceste substanțe.

Un rol deosebit în desfășurarea proceselor vitale îl au glucidele (zaharurile) care, după cum am văzut, constituie izvorul principal de energie al organismului.

Studiul sintezei și distrugerii glucidelor în organism a preocupat în mod deosebit pe cercetători.

Cu ajutorul izotopilor radioactivi (^{14}C și ^{11}C) s-a demonstrat că substanțele complexe, ca de pildă glicogenul (polizaharid), sînt sintetizate de organism cu ajutorul substanțelor simple ca : acid acetic, bicarbonat, acid lactic, bioxid de carbon.

Acestea demonstrează că organismul își construiește molecule foarte complexe și variate (macromolecule cu greutăți moleculare pînă la 10 milioane) din substanțe cu moleculă simplă (greutate moleculară 20—100).

Cu ajutorul experiențelor în care se folosesc substanțe marcate s-a putut stabili un fapt foarte interesant : chiar dacă din alimentație lipsesc glucidele, organismul are totuși posibilitatea de a le sintetiza el însuși. În cazul acesta, care sînt izvoarele ce pun la dispoziție substanțe pentru sinteza glucidelor ? S-a demonstrat că însăși proteinele și grăsimile pot servi ca materie primă pentru formarea glucidelor. Prin degradarea proteinelor în celule iau naștere aminoacizii. Unii dintre acești aminoacizi, cum sînt glicocolul (glicina), alanina, acidul aspartic, acidul glutamic stau la baza sintezei glicogenului.

De asemenea, cînd prin alimentație organismul primește cantități suplimentare de glucide, ele nu vor fi depozitate ca atare ci vor fi transformate în grăsimi. Grăsimile, la rîndul lor, au un metabolism activ și nu mai sînt considerate ca material de depozit inert. Probele experimentale ale acestor transformări au fost aduse printr-o serie de cercetări efectuate fie cu izotopi stabili (deuteriu, azot greu), fie cu izotopi radioactivi (^{11}C, ^{14}C, ^{3}H).

Și, pentru că vorbim de glucide, să ne oprim și asupra acelor minunate laboratoare ale naturii, plantele, despre care am mai vorbit și care prepară din apă și bioxid de carbon glucoza, amidonul, celuloza și alți compuși complecși.

CIFRE RECORD !

Anual pe pămînt, masa verde a plantelor folosește 108 milioane tone de carbon care echivalează cu o producție de 270 milioane tone de glucoză. Aceasta necesită 396 milioane tone de bioxid de carbon și alte sute de milioane de tone de apă. Cifre extraordinare ? Da, sînt extraordinare, dacă ne gîndim că producția anuală de oțel în toată lumea este de aproximativ 100 milioane tone. Producția fotosintezei este deci cu mult mai mare. Dar, mai mult decît atît, producția fotosintezei în oceane este de 8 ori mai mare decît pe sol. O cantitate uriașă de energie este folosită pentru această producție și atunci cînd vom putea realiza în laborator mecanismul fotosintezei, vom fi stăpîni pe o nouă energie.

Ce se cunoștea despre fotosinteză pînă la studiile cu izotopi ? Fenomenul asimilării bioxidului de carbon de către plantele verzi a fost descoperit de Priestley în 1771. Prin 1840—1860, cercetătorii arată că plantele sintetizează materia organică plecînd de la bioxid de carbon și apă. Fotosinteza, după cum o indică și numele, se face numai la lumină.

Abia descoperirea izotopilor permite oamenilor de știință să pătrundă în adîncimea fenomenelor vitale din plantă.

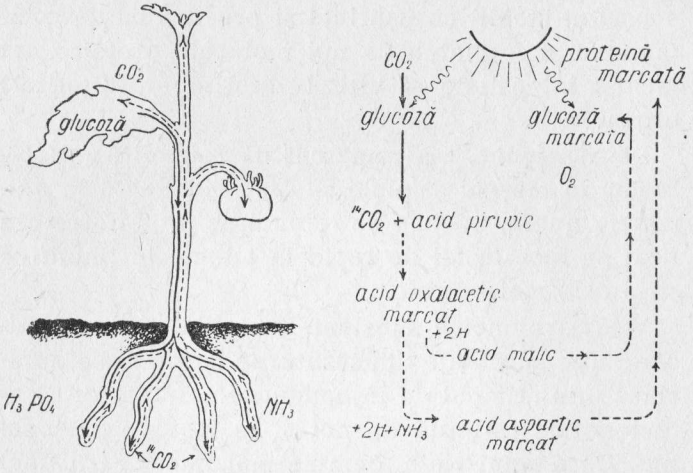
Astfel, cu ajutorul carbonului radioactiv, s-a stabilit că sinteza materiei organice din bioxid de carbon și apă are loc în cloroplaste.

S-a demonstrat că lumina nu este absolut necesară acestui fenomen. Poate că această concluzie vi s-ar părea uimitoare. Dar să vedem cum au ajuns oamenii de știință la o asemenea observație.

Ținîndu-se cloroplastele izolate într-o atmosferă hidrogenată, la lumină și în lipsa completă a oxigenului, cloroplastele asimilau în oarecare măsură bioxidul de carbon marcat. Asimilarea bioxidului de carbon se făcea cu o mai mare intensitate la întuneric, dacă cloroplastelor li se adăuga o mică cantitate de oxigen. Care este explicația acestui fenomen? În lipsa luminii, deci a energiei luminoase, energia necesară procesului de asimilare era furnizată de reacția de oxidare a hidrogenului de către oxigen.

S-a putut demonstra, cu ajutorul carbonului marcat (^{11}C), că fenomenul asimilării este foarte rapid. Astfel, în primele 5 secunde, în planta ținută în atmosferă de bioxid de carbon radioactiv apar substanțe marcate (acidul piruvic, acidul fosfogliceric marcat). În următoarele 30—40 secunde, apar grăsimi în compoziția cărora se găsesc atomi de carbon radioactivi.

S-a putut de asemenea stabili că bioxidul de carbon este asimilat de plante și prin rădăcini (Kursanov), precum și că îngrășămintele minerale pot fi



Asimilarea bioxidului de carbon și sinteza substanțelor complexe în plantă

absorbite de plante nu numai prin rădăcini, dar chiar și prin frunze.

Astfel, pas cu pas, oamenii de știință înaintează pe calea rezolvării problemelor fundamentale ale vieții. Datorită metodelor de cercetare cu izotopi radioactivi, aceste probleme capătă o interpretare cu totul nouă.

Am văzut importanța pe care o reprezintă proteinele pentru organism. Proteinele sau albuminele sînt considerate drept substratul material al vieții. De aceea, procesele de metabolism ale proteinelor, adică cercetarea căilor de transformare și formare a proteinelor proprii în organism și a vitezei cu care se realizează procesele de sinteză, au preocupat pe mulți cercetători. Cu ajutorul izotopilor

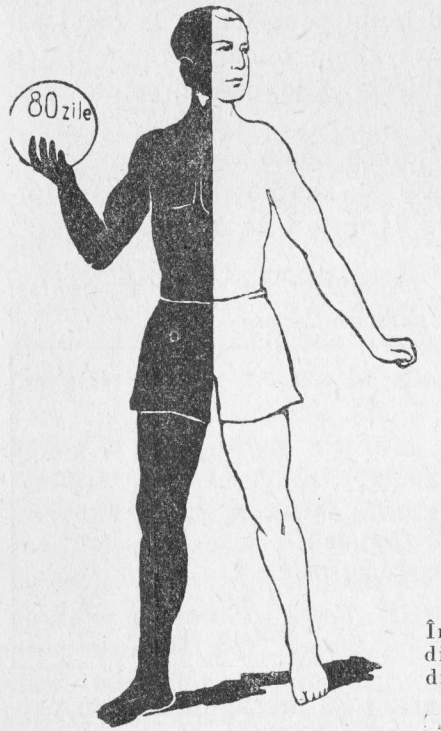
s-a putut stabili cu ușurință și precizie că descompunerea și formarea de noi molecule proteice are loc cu intensitate și viteză diferită în diferitele organe.

De asemenea, s-a remarcat că reînnoirea proteinelor în mușchi și piele se face mai rapid la animalele tinere, în timp ce reînnoirea proteinelor din ficat se face la fel de rapid la animalele tinere ca și la cele mai bătrîne.

Viteza reînnoirii substanțelor proteice sau a oricărei alte substanțe din țesuturile corpului se apreciază prin „timpul de înjumătățire" al acestora, caracteristică întîlnită de noi și la izotopii radioactivi. Dacă semi-viața, cum se mai numește, a unei proteine nu este altceva decît timpul în care ea își schimbă jumătate din componenții săi inițiali, ea poate fi apreciată fie luînd în considerație procesul de distrugere pe care-l suferă proteinele, fie procesul de sinteză, deoarece acestea sînt într-un echilibru constant în stările normale.

De pildă, s-a stabilit cu ajutorul azotului greu (^{15}N), că perioada de înjumătățire a proteinelor ficatului de șobolan este de 6—8 zile. Am văzut că ea nu este la fel în toate organele. Astfel, în mușchi viața medie a proteinelor este de 21 zile. Mai mult, s-a stabilit că viteza de reînnoire (timpul) a unui tripeptid, glutationul (substanță formată din 3 aminoacizi), durează mai puțin de 4 ore.

Însă cercetările nu s-au făcut numai pe animale de experiență. Aceste metode, după cum am văzut, permit fără nici un fel de pericol efectuarea experiențelor chiar pe oameni. Ce s-a putut stabili?



În 80 de zile jumătate din substanțele proteice din organism sînt distruse și refăcute

S-a văzut că viteza de reînnoire diferă nu numai de la organ la organ, dar și de la o specie animală la alta.

Astfel, la șobolani viața medie a proteinelor totale, care formează toate celulele corpului, este în medie de 17 zile. La om, această medie este de aproximativ 80 de zile.

Viața medie a proteinelor ficatului la om este de 10—11 zile, pe cînd a celor musculare este de 158 zile.

De asemenea, s-a putut constata că la omul sănătos se sintetizează zilnic o cantitate de 1,3 g de proteine de fiecare kilogram greutate corporală.

Din tabloul următor se poate vedea din fiecare componentă proteică și cantitatea care se formează în decurs de 24 de ore la omul sănătos :

Formarea medie a proteinelor la oamenii sănătoși în curs de 24 ore

Componența proteică	g în 24 ore
Hemoglobină	8
Albumină plasmatică	11
Globulină plasmatică	5
Proteine hepatice (ale ficatului)	23
Proteine ale altor organe interne	13
Proteinele pielii	32
Total	92

Ce înseamnă aceasta ? Să presupunem că o persoană sănătoasă are 70 kilograme. Ea va trebui, oare să crească zilnic cu aproximativ 100 grame ? E posibil aceasta ? Da, este posibil, dar noi am văzut că în același timp se distruge o aceeași cantitate de proteină veche. Această sinteză și distrugere menține echilibrul și de aceea unul din criteriile de apreciere a unui om sănătos este menținerea greutății lui. Persoanele la care se observă o slăbire sau o îngrășare continuă trebuie, pe bună dreptate, să se prezinte la medic pentru a li se stabili cauzele acestui dezechilibru.

Timpul de reînnoire, apreciat prin perioada de înjumătățire, s-a determinat și pentru grăsimi, glucide și multe alte substanțe. De pildă, la șoarece, jumătate din cantitatea totală de grăsime din corp se reînnoiește în 5—6 zile. Reînnoirea nu se petrece cu aceeași viteză în toate organele. Astfel, jumătate din grăsimile ficatului se reînnoiesc în 3 zile, pe cînd acelea din țesutul adipos (depozitul gras de sub piele) într-un timp dublu, de 6 zile.

Glicogenul ficatului de șobolan se înjumătățește în 24 de ore, în schimb cel din mușchi are o durată de înjumătățire mai lungă — de 3,6 zile. Glucoza din sînge are o viteză mare de reînnoire — jumătate din cantitatea existentă se distruge și e înlocuită numai în 50 de minute.

Astfel cu ajutorul izotopilor stabili sau al celor radioactivi — s-a confirmat că trupul animalelor nu este un edificiu stabil. Toate organele, toate componentele sînt supuse unei continue schimbări. La om s-a demonstrat că în decurs de un an are loc o reînnoire totală a acestor componente.

Cercetările întreprinse asupra studiului proteinelor au fost efectuate cu ajutorul aminoacizilor marcați. Aminoacizii sînt substanțele chimice, cu greutate moleculară mică, care reprezintă adevărate pietre de construcție ale proteinelor.

Dar, să luăm un exemplu concret de felul în care se cercetează viteza de formare și de distrugere a proteinelor. Asemenea experiențe se fac cu proteine sau cu aminoacizi care conțin azot greu (^{15}N). Cum anume ? Să urmărim un cercetător care execută o astfel de experiență.

Un grup de șobolani albi sînt hrăniți în prima zi cu alimente conținînd un aminoacid marcat cu ^{15}N. În fiecare din zilele următoare se sacrifică cîte 1—2 șobolani, cercetîndu-se proteinele din diferite țesuturi și dozîndu-se azotul. Reamintim că proteinele din organism sînt sintetizate din diverși aminoacizi introduși în organism prin alimentație.

Aminoacidul marcat cu ^{15}N poate fi ușor identificat și urmărit cu ajutorul spectrografului de masă [1]. Astfel se poate stabili că el a fost încorporat în proteinele organului cercetat, imediat după ce a fost introdus în organism. După două zile se observă concentrația cea mai ridicată în ^{15}N. Este momentul în care aminoacidul marcat este conținut în proporție maximă în proteinele organismului. În zilele următoare conținutul în aminoacid marcat scade treptat. Ce înseamnă oare aceasta? Scăderea cantității de ^{15}N arată că proteinele organului cercetat au fost descompuse. Așadar, proteinele au încorporat și apoi au pierdut aminoacidul marcat. Aceste modificări ale proteinelor (reconstruire și descompunere) se petrec cu orice aminoacid, fie el marcat sau nu. Asupra organismului marcarea să nu are nici o influență. Dislocarea, reconstituirea și din nou dislocarea proteinelor reprezintă procesul reînnoirii permanente a substanțelor din care sînt construite țesuturile organismului. Prezența aminoacidului marcat nu face decît să ne ajute să urmărim cu precizie desfășurarea acestui proces.

[1] *Spectrograful de masă* — un aparat cu ajutorul căruia se separă izotopii unui element pe baza diferenței greutății lor atomice (a masei lor).

Pe baza cercetărilor oamenilor de știință s-a putut constata că timpul de reînnoire al substanțelor proteice din țesuturi variază în raport cu alimentația animalelor de experiență. Și anume, el este cu atît mai redus, cu cît crește proporția de proteine din hrana animalelor.

Datorită acestor cercetări, s-au putut stabili regulile esențiale cu privire la procesele care se petrec în organism, și la factorii care le pot influența. Studiul proceselor care au loc în organismul sănătos și în cel bolnav a dat posibilitatea de a se descoperi cauzele diferitelor tulburări.

Studii deosebit de interesante s-au făcut asupra metabolismului sistemului nervos central, adică al creierului. Astfel s-a pătruns în esența proceselor biochimice ale materiei cerebrale, a materiei cu cea mai superioară organizare. Cercetările asupra creierului sînt cu atît mai valoroase, cu cît acest organ are un rol cu totul deosebit în organism. El influențează și reglează funcția tuturor organelor din corp.

Folosirea fosforului radioactiv s-a dovedit deosebit de prețioasă pentru studiul metabolismului sistemului nervos. Astfel, teza materialistă a marelui fiziolog sovietic I. P. Pavlov, care arată că activitatea celulelor nervoase depinde de procesele metabolice ale acestora, a fost pe deplin confirmată. Grație fosforului radioactiv, s-a putut stabili cu precizie viteza de pătrundere a acestei substanțe în celulele sistemului nervos. Mai mult, s-au putut urmări cu o mai mare precizie variațiile

care intervin în metabolismul celulelor sistemului nervos central în cursul diferitelor stări de funcţionare ale acestuia. Tot prin această metodă, s-a cercetat acţiunea pe care o au asupra sistemului nervos diferitele medicamente. Deosebit de interesante sînt studiile efectuate asupra metabolismului celulelor creierului în timpul somnului. În timpul somnului sînt mai accentuate procesele de sinteză decît procesele de descompunere. Astfel se explică acţiunea binefăcătoare a somnului în cursul căruia se restabileşte capacitatea de lucru a celulelor creierului.

Poate că v-aţi pus adeseori întrebarea: pentru ce este nevoie să dormim? Nu este cumva vorba de o pierdere de timp care s-ar putea evita? Într-adevăr, omul îşi petrece o treime din viaţă dormind. Cîte lucruri nu s-ar putea înfăptui, dacă s-ar putea renunţa la somn!...

Acest lucru nu este însă posibil! Şi cercetările cu atomi marcaţi au precizat şi mai bine că somnul este o necesitate fiziologică la fel ca şi foamea sau setea. În timpul somnului, celulele creierului îşi refac substanţele de care are nevoie pentru ca să funcţioneze normal.

Savantul sovietic G. E. Vladimirov, de la Institutul „Pavlov" din Leningrad, folosind izotopii radioactivi ai sulfului (^{35}S), fosforului (^{32}P) şi carbonului (^{14}C), a făcut o serie de cercetări importante în legătură cu procesele chimice care au loc în creier. Astfel, posibilităţile de a efectua studii cît mai complete şi precise asupra proceselor din creier, în scopul de a cunoaşte şi explica fenomenele

complexe ale activităţii sistemului nervos, au crescut considerabil.

Dar cercetătorii nu s-au rezumat numai la studiul fenomenelor normale care se petrec în organism, ci au căutat să lămurească şi unele mecanisme de îmbolnăvire ale acestuia.

IZOTOPII ÎN STUDIUL BOLILOR

Folosirea izotopilor radioactivi în studiul fenomenelor patologice (de îmbolnăvire) oferă cercetătorului posibilitatea de a descoperi pe de o parte cauza şi mecanismul de apariţie al unei boli şi, pe de altă parte, de a urmări modificările care se produc în organism în timpul evoluţiei acesteia. Cînd ştii aceste lucruri, este limpede că poţi să tratezi bolile cu mai mult succes.

Bine, o să spuneţi, dar pînă la descoperirea izotopilor radioactivi în ce fel s-au făcut aceste cercetări? De multe ori, pentru a realiza astfel de studii, este necesar să se opereze animale, să li se scoată anumite organe, deci să se schimbe foarte mult condiţiile normale. În acest caz, greu mai poţi şti care din faptele constatate se datoresc bolii şi care operaţiilor executate pe animalul de experienţă. În schimb, întrebuinţarea izotopilor nu provoacă modificări în organism, aşa încît cercetarea diferitelor boli se poate face mai uşor şi mai precis.

Iată cîteva exemple interesante despre felul în care au fost utilizaţi izotopii radioactivi în cercetarea bolilor.

Izotopii radioactivi au deschis posibilităţi uriaşe pentru studiul uneia din cele mai actuale şi mai arzătoare probleme ale medicinii, problema cancerului.

Cancerul este o boală foarte răspîndită. Anual ea seceră nenumărate vieţi. Pînă în prezent, s-au efectuat numeroase cercetări pentru a se cunoaşte natura şi cauzele care o provoacă. Numai astfel ar putea deveni posibilă cunoaşterea mijloacelor de tratare sau prevenirea sa. Mijloacele de combatere nu se pot stabili decît dacă vom cunoaşte cît mai bine cum şi din ce cauză apare cancerul.

Acest adevăr l-au înţeles de mult oamenii de ştiinţă. Cu mai bine de 30 de ani în urmă, s-a început studiul schimburilor de substanţe în tumorile canceroase. Se încearcă să se pătrundă tainele metabolismului celulelor canceroase, să se lămurească mecanismul şi cauzele care determină creşterea tumultuoasă, anarhică, distrugătoare a celulelor canceroase. Înmulţirea exagerată şi creşterea anormală care caracterizează celulele canceroase este, fără îndoială, legată, condiţionată de o tulburare care survine în metabolismul unui ţesut. S-a stabilit că dezvoltarea tumorilor canceroase este condiţionată nu atît de creşterea sintezei proteinelor, cît de scăderea ritmului de descompunere a lor.

Cu ajutorul celulelor canceroase ascitice, marcate cu radiofosfor, s-a început studiul mecanis-

mului de apariţie a metastazelor în boala canceroasă. Celulele ascitice sînt celulele canceroase pure care s-au desprins din tumoarea peritoneală [1] şi plutesc în lichidul ascitic. Ele servesc din ce în ce mai mult la studiul cancerului. Marcarea lor se face prin injectarea unei anumite cantităţi de ^{32}P în cavitatea peritoneală a unui şoricel cu ascită.

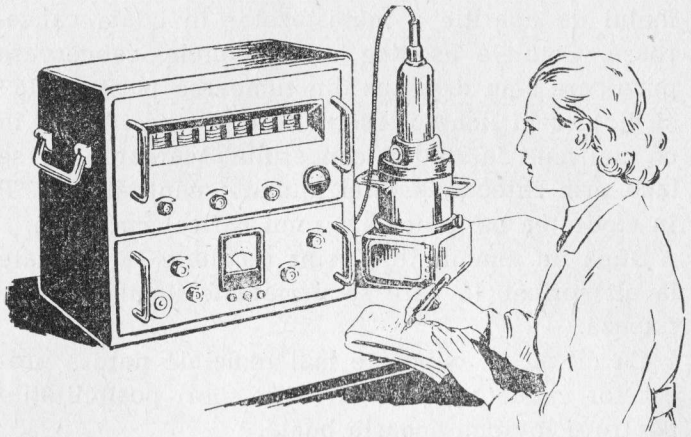
După un anumit timp, sînt recoltate şi injectate la alt şoricel, la care se urmăreşte locul unde se fixează.

Cu cît se va cunoaşte mai temeinic natura proceselor canceroase, cu atît vor spori posibilităţile pentru a învinge această boală.

Un alt exemplu concret ne va ajuta de asemenea să înţelegem importanţa metodei de cercetare cu ajutorul izotopilor.

Să luăm cazul unei fracturi. Este foarte important să cunoaştem mersul procesului de vindecare, adică de formare a unei porţiuni de os nou, denumită calus. Calusul sudează capetele osului rupt. El repară şi consolidează osul în locul unde a fost rupt sau crăpat. În procesul de formare a calusului, rolul cel mai important îl are depunerea calciului. De aceea, este necesar să ştim în ce condiţii se fixează mai rapid calciul şi alte elemente, la nivelul fracturii. Fără îndoială că cu cît mai repede se va absorbi din intestin calciul conţinut de alimente şi va fi transportat şi fixat la locul fracturii, cu atît mai repede va urma vindecarea. Cercetarea făcută cu calciu marcat a arătat că, în

[1] Peritoneul este foiţa care înveleşte organele din cavitatea abdominală.



Instalație pentru măsurarea radioactivității preparatelor radioactive (numărător electronic de impulsuri)

cazul cînd organismul este lipsit de vitaminele A și D, recalcificarea fracturii se face mult mai lent decît atunci cînd aceste vitamine se găsesc în cantitate suficientă în organism.

În acest caz, veți spune, să dăm cît mai multă vitamină spre a obține mai repede vindecarea fracturii !

Dar nici așa nu e bine. Cu ajutorul calciului radioactiv experimentat pe animale, la care s-a provocat o fractură, s-a demonstrat că dozele mari de vitamină D nu măresc de loc viteza de fixare a calciului. Dimpotrivă, în aceste cazuri, calciul se depune chiar mai încet.

Administrarea dozelor corespunzătoare de vitamine are o importanță hotărîtoare în tratamentul

unei fracturi. Rezolvarea s-a obținut prin cercetarea procesului de formare a calusului cu ajutorul izotopilor radioactivi. Grație acestei metode de cercetare extrem de fine și precise, se poate stabili care sînt dozele cele mai potrivite spre a grăbi vindecarea.

VIAȚA GLOBULELOR ROȘII

Iată o problemă care prezintă mare interes atît din punct de vedere teoretic, cît și practic. Există unele boli care se datoresc faptului că globulele roșii se distrug mai repede decît în mod normal. În aceste cazuri, spre a putea aplica un tratament eficace, este important să se cunoască durata vieții globulelor roșii.

Tot atît de importantă este cunoașterea duratei vieții globulelor roșii în legătură cu altă boală și anume poliglobulinemia esențială. În această afecțiune, numărul globulelor roșii crește considerabil. Se pune întrebarea : organismul fabrică prea multe globule roșii sau acestea au viață prea lungă, adică se distrug mai lent și din această cauză crește numărul lor ?

De aceea, încă în urmă cu 40 de ani, s-au început cercetări în acest domeniu. Dar mijloacele de care dispuneau fiziologii pînă în momentul de față nu le-au permis să obțină rezultate precise. Abia în ultimii ani, folosind elementele trasoare, s-au putut realiza progrese mai importante.

Cum se pot folosi izotopii radioactivi în asemenea cazuri ? Să luăm un caz concret și să vedem cum procedează medicii. De pildă, un bolnav de anemie hemolitică.

Bolnavul, cu figura palidă, suferindă, cu forțele scăzute, incapabil să-și continue munca, se prezintă la consultație. Pînă acum a mai urmat diferite tratamente. I s-au făcut numeroase injecții, a avut multe de suferit. Fără nici un folos însă. Anemia și urmările ei supărătoare nu au cedat. Iată-l acum internat în clinică. I se va administra o substanță radioactivă. Globulele roșii vor fi marcate, însemnate de izotopul radioactiv, care va da posibilitatea să se stabilească cu precizie cît trăiesc ele. În acest scop, se poate utiliza crom radioactiv (^{51}Cr) sub formă de cromat de sodiu. După ce globulele roșii au fost marcate, se recoltează probe de sînge la anumite intervale de timp și se măsoară radioactivitatea globulelor din probele recoltate. Pe măsură ce se distrug globulele roșii marcate, scade radioactivitatea probei de sînge. Astfel, urmărind variația radioactivității globulelor roșii, ne putem da seama de durata vieții lor. Numeroase experiențe au demonstrat că, la persoanele sănătoase, timpul de înjumătățire a globulelor roșii este în medie de 120 de zile.

La bolnavul nostru, probele au arătat că globulele roșii aveau o viață foarte scurtă, abia o zi și jumătate. I s-a aplicat un tratament corespunzător și, după o lună, probele au arătat că viața globulelor roșii a crescut pînă la 7 zile, o ameliorare evidentă, dar totuși încă departe de durata medie normală. Continuîndu-se tratamentul, se observă că,

după cîteva luni, durata vieții globulelor roșii la acest bolnav a crescut la 28 de zile. După un anumit timp, tratamentul a făcut ca viața medie a globulelor roșii să se apropie de aceea a globulelor omului normal.

Cercetările cu izotopi radioactivi au dus la concluzia certă că poliglobulinemia esențială se datorește unei producții mărite de globule roșii și nu duratei anormal crescute a vieții globulelor roșii. Astfel, tratamentul bolii respective va putea fi condus în așa fel încît să se înlăture cauza bolii.

De asemenea, s-a studiat componenta esențială a globulelor roșii : hemoglobina.

După cum se știe, hemoglobina pe care o conțin globulele roșii ale sîngelui și căreia îi datoresc culoarea roșie, conține fier. Cunoașterea proceselor de asimilare a fierului în organism și sinteza hemoglobinei prezintă un interes deosebit pentru medicină. Cu ajutorul atomilor marcați de fier s-a putut urmări procesul de absorbție a fierului.

Astfel, s-a stabilit că organismul în care fierul se găsește într-o cantitate insuficientă absoarbe o cantitate de fier de 50 ori mai mare decît un organism normal. Tot cu ajutorul fierului radioactiv s-a putut urmări și viteza cu care se realizează în organism sinteza hemoglobinei. Pentru aceasta este suficient să se stabilească momentul apariției sale în globulele roșii.

Cu ajutorul aceleiași metode s-a observat că, în anumite condiții, cum ar fi de exemplu după o hemoragie, în caz de anemii, organismul sintetizează mai rapid hemoglobina.

De asemenea, în cazul cînd omul respiră într-o atmosferă rarefiată, cum este cazul acelora care vieţuiesc la altitudini ridicate, adică pe munţi înalţi, viteza de formare a hemoglobinei creşte de cîteva ori în comparaţie cu viteza de formare a hemoglobinei la persoanele care trăiesc la altitudini mai joase. Iată o dovadă în plus pentru capacitatea de adaptare a organismului.

...ÎN BOLILE DE NUTRIŢIE

În ultimul timp s-au făcut cercetări interesante în legătură cu guta. Această boală, care se întîlneşte numai la om, atinge încheieturile sau, cum spun medicii, este o „artrită" datorită unei slabe eliminări a acidului uric. Bolnavul suferă de dureri foarte vii ale unor articulaţii. Aceste dureri apar sub forma unor crize periodice. Acidul uric rezultat din arderea nucleo-proteinelor nu este distrus şi eliminat în aceeaşi măsură ca la oamenii sănătoşi. El se depune în organism, mai ales în încheieturi şi unele organe interne, la rinichi. În afară de aceasta, se mai constată şi o sclerozare a vaselor sanghine, adică pereţii acestora se îngroaşă, se întăresc şi îşi pierd elasticitatea, care constituie un factor deosebit de important pentru asigurarea unei bune circulaţii în organism.

Pentru a măsura cantitatea de acid uric din corp şi a cunoaşte felul cum el este folosit, s-a injectat intravenos la om o cantitate mică de acid uric,

marcat cu azot greu (^{15}N). Pe baza cercetărilor făcute şi ale unor calcule matematice s-a putut stabili cu precizie care era cantitatea totală de acid uric din organism, cu care se amesteca acidul uric injectat. S-a văzut, de asemenea, că acidul uric este eliminat prin urină fie ca atare, fie, în mai mică măsură, transformat în uree şi amoniac. Aceasta la oamenii normali.

Dar la bolnavii de gută? Cantitatea de acid uric conţinut în organism era enorm crescută! S-a observat că depunerile de cristale (tofi) de la articulaţii se amestecau şi ele în acidul uric total. De asemenea, s-a putut vedea că administrarea unor medicamente, ca salicilaţii, dizolvă depunerile de cristale.

Dar... de unde provine acidul uric? S-a injectat la animale glicină (un aminoacid) care conţinea ^{15}N şi s-a tras concluzia că acidul uric format în cantitate atît de mare la bolnavii de gută ia naştere din alimentele care conţin glicină. Astfel, medicii vor şti acum cu toată precizia ce regim alimentar să prescrie bolnavilor de gută.

O altă cercetare interesantă s-a făcut asupra creatinuriei. Creatina este prezentă de obicei în urină numai sub formă de urme. În schimb, ea se află în cantitate mare la anumiţi bolnavi de distrofie musculară (tulburări ale ţesutului muscular) şi de tireotoxicoză (o îmbolnăvire a glandei tiroide).

Dar, ce este creatina? La ce serveşte ea? Se ştie că creatina se găseşte în cea mai mare parte în muşchi. Acolo, ea are un rol important în contracţie — adică în mişcări. Muşchiul poate fi ase-

muit cu o mică uzină în care transformările chimice ale anumitor substanțe eliberează energia necesară contracției mușchilor, deci mișcării. Între substanțele utilizate de mușchi în acest scop, creatina, combinată cu fosforul (deci fosfocreatina), constituie o substanță absolut necesară în desfășurarea contracției musculare și a reacțiilor energetice din organism.

În fiecare zi, o foarte mică cantitate de creatină se elimină în mod normal prin urină (2 la sută). Creatina este sintetizată nu în mușchi, ci în rinichi și în special în ficat, printr-o serie bine cunoscută de reacții în care intervin mai mulți aminoacizi ca glicina, arginina și metionina. Toată creatina fabricată de ficat e consumată, în mod practic, de mușchi.

Atunci, de unde venea cantitatea mare de creatină eliminată de bolnavii arătați mai sus? Din mușchii bolnavi, sau direct din ficat?

Studiile s-au făcut tot cu ajutorul glicinei, în a cărei moleculă atomul de azot era marcat.

S-a observat că creatina provenea atît în cazul bolnavilor de tireotoxicoză, cît și în cazul bolnavilor de distrofie musculară progresivă, direct din ficat.

Așadar, creatinuria, adică eliminarea crescută de creatină în urină se datorește, în cazul distrofiei, faptului că o mai mică parte din mușchi funcționează și în cazul acesta au nevoie de o cantitate redusă de creatină. Însă, ficatul produce tot atîta creatină ca și mai înainte; ceea ce prisosește, se elimină prin urină. În cazul tireotoxicozei, mușchii

folosesc creatina ca de obicei, în schimb ficatul și-a „mărit producția" de creatină.

La Institutul de Alimentație al Academiei de Științe Medicale a U.R.S.S. s-au făcut cercetări pentru a se lămuri ce modificări apar în organism atunci cînd, din hrană, lipsesc anumiți aminoacizi.

Din aminoacizi, organismul formează protidele, care reprezintă substratul material al vieții. Proteidele (proteinele) sînt substanțe chimice cu alcătuire foarte complexă, formate din unirea mai multor aminoacizi de același fel sau diferiți.

Cercetările au stabilit că, în cazul cînd din hrană lipsesc unii aminoacizi absolut necesari organismului — cum ar fi triptofanul, metionina sau lizina — se observă o scădere a sărurilor de calciu din oase. În același timp, se mai constată că aceste substanțe sînt diferit repartizate în țesuturi.

În același institut s-a demonstrat, cu ajutorul izotopilor radioactivi, că în cazul proastei funcționări a glandei tiroide și anume atunci cînd aceasta are o activitate mai redusă, apar forme grave de obezitate (omul se îngrașă peste măsură).

Toate aceste date sînt de mare ajutor atunci cînd este necesar să se pună diagnosticul unor boli datorită tulburărilor de metabolism.

Cu ajutorul izotopilor radioactivi, în cazurile de diabet zaharat se poate studia, foarte amănunțit, metabolismul glucidelor în organism. De asemenea, se poate stabili în ce stare se găsește ficatul, cum funcționează el și alte date importante pentru precizarea diagnosticului în diferite cazuri de îmbolnăvire.

În cercetările ştiinţifice asupra tuberculozei s-a utilizat şi se utilizează astăzi, în măsură din ce în ce mai mare, izotopii radioactivi. Desigur, nu în scop de tratament. Dar succesul luptei împotriva tuberculozei depinde, fără îndoială, de o cît mai bună cunoaştere a felului cum se naşte, cum se dezvoltă boala, a drumului urmat de bacilii Koch şi a felului cum luptă împotriva lor medicamentele ca PAS, hidrazidă şi altele.

Şi, desigur, aceste cercetări sînt mult înlesnite de întrebuinţarea izotopilor radioactivi. Astfel, la secţia medicală a Universităţii din Chicago, un grup de cercetători au folosit în scopul studierii tuberculozei substanţe conţinînd carbon radioactiv. Ei au cercetat drumul urmat de bacilii „marcaţi" cu ajutorul ^{14}C. Bacilii care se hrănesc cu substanţe ce conţin carbon radioactiv pot fi urmăriţi uşor în drumul lor în întreg corpul. S-a cercetat şi acţiunea unor medicamente „marcate" asupra bacililor tuberculoşi precum şi distribuţia la om şi la animale a unora din medicamentele utilizate în lupta contra tuberculozei.

Astfel, la Institutul Pasteur din Paris s-a demonstrat că PAS-ul (acidul paraamino-salicilic) marcat este fixat de toţi bacilii Koch pe cînd hidrazida (izoniazida sau remifonul cum se mai numeşte) nu este fixată decît de bacilii sensibilizaţi. Acest lucru constatat prezintă o importanţă practică deosebită. Tratamentul simplu cu hidrazidă nu duce la vindecare, deoarece bacilii nu sînt sensibilizaţi de

o altă substanţă (PAS, streptomicină), nu o asimilează şi în cazul acesta nu poate să-şi manifeste acţiunea distrugătoare asupra lor.

Cunoaşterea unor asemenea date amănunţite este în măsură să ajute la tratarea cu succes a tuberculozei.

Cercetătorul indian P. Saravia a folosit izotopii radioactivi de sulf pentru a studia acţiunea vătămătoare a unor noi medicamente în lupta împotriva leprei. În scopul acesta s-a experimentat diamino-difenil sulfatul cu sulf radioactiv care are o acţiune vindicativă de 80%. În India există aproximativ două milioane de bolnavi care suferă de lepră — această boală îngrozitoare. De aceea, cunoaşterea eficacităţii diferitelor tratamente are o deosebită însemnătate.

Folosirea izotopilor în studiul bolilor, chiar de la începutul aplicării lor şi rezultatele obţinute au îndreptăţit speranţele pe care şi le-au pus oamenii de ştiinţă în cunoaşterea tot mai adîncă atît a proceselor fiziologice normale cît şi patologice. Numai cunoaşterea profundă a mecanismului lor va putea da posibilitate medicului de a preveni bolile şi de a prelungi forţele fizice şi intelectuale ale omului pînă la vîrste destul de înaintate.

DIAGNOSTIC RADIOACTIV

LOCUINȚE PREFERATE

În laboratoarele lor, aplecați asupra aparatelor de mare precizie, cercetătorii urmăresc drumul substanțelor marcate introduse o dată cu alimentele în organismul animal sau uman. După cum am văzut, ei au reușit să descopere multe din secretele intime ale transformărilor biochimice din interiorul organelor și celulelor.

Toate aceste „taine" au fost descoperite datorită faptului că izotopii radioactivi își trădează prezența de la distanță, chiar dacă se găsesc în cantități extraordinar de mici.

Constatînd proprietățile și comportarea radioizotopilor în organism, omul de știință, împins de dorința de a căpăta cunoștințe cît mai temeinice, și-a pus o nouă problemă : „Oare radioizotopii, prin radiațiile lor penetrante, nu ar putea să ne indice locurile unde se ivesc tulburări în corpul animal și prin aceasta să ne informeze rapid și precis asupra stării unui organ ? Dacă izotopii ar da soluția acestei probleme, ar aduce imense servicii medicinii !" Într-adevăr, trebuie să ne amintim de faptul că în multe boli și, în special, în cancer, medi-

cul este adeseori lipsit de posibilitatea unui astfel de diagnostic rapid.

De pildă, cea mai folosită metodă pentru a preciza dacă o persoană suferă sau nu de cancer este examenul histopatologic. Pentru aceasta, medicul este nevoit să ia o mică porțiune din țesutul presupus bolnav. Această operație este denumită biopsie. Piesa recoltată este supusă unei prelucrări minuțioase, pînă ajunge să se obțină, cu ajutorul unui cuțit special, numit microtom, o foiță foarte subțire, de 0,005 mm grosime. Această foiță este așezată pe o lamă de sticlă. Prin introducerea ei în diferite băi de coloranți, celulele se colorează și diferitele formațiuni din interiorul lor devin vizibile. Examinînd lama la microscop, medicul își poate da seama de existența celulelor canceroase datorită înfățișării speciale pe care o prezintă ele (sînt mult mai mari, au mai mulți nuclei etc.).

Dar, în multe cazuri — și în special la începutul dezvoltării bolii — medicul nu poate hotărî cu siguranță existența unui proces canceros. Și aceasta nu este singura greutate care împiedică precizarea unui diagnostic !... Gîndiți-vă că tumoarea poate fi localizată în ficat, creier sau alt organ interior. Pentru a obține o cantitate mică de țesut se impune necesitatea unei operații chirurgicale mari.

În ce fel ar putea rezolva radioizotopii această problemă ?

Unele metode în scop diagnostic au fost puse la punct cu mai multă ușurință. Astfel, determinarea volumului de sînge, a vitezei cu care circulă el

prin organism a fost realizată prin administrarea unei soluții radioactive în orice parte a corpului bolnavului. Se determină apoi fie diluția radioelementului în sînge, fie timpul care se scurge pînă la apariția radioactivității în altă parte a corpului. În acest scop, se cerea ca radioizotopul să emită o radiație penetrantă care să treacă prin țesuturi și să ajungă pînă la aparatul de măsurat care se găsește la suprafața corpului. Despre radiațiile emise de radioizotopi am vorbit la începutul acestei cărți. În cazul nostru, radiațiile alfa trebuie excluse din cauza slabei lor penetrabilități. Radiațiile beta pătrund și ele destul de puțin în țesuturi și necesită o aparatură specială. În schimb, radiațiile gama au o energie suficientă și o parte însemnată din ele străbat țesuturile.

Dar care erau pretențiile cercetătorilor pentru a putea cunoaște precis localizarea tumorilor sau a altor procese patologice ?

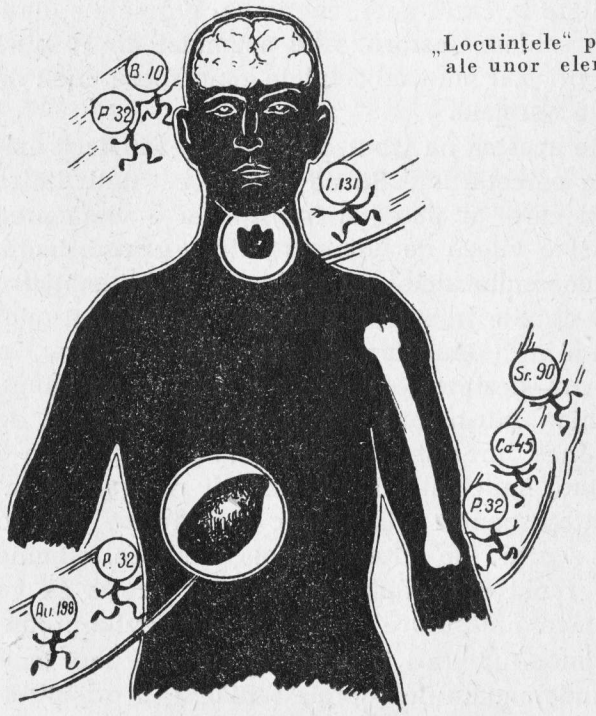
Din cercetările anterioare se cunoaște că anumite elemente se concentrează mai mult sau mai puțin într-un organ. De pildă, iodul introdus în organism pe orice cale se concentrează în scurt timp în glanda tiroidă. Calciul, stronțiul sau galiul se depun cu precădere în sistemul osos, iar fosforul în oase, ficat, mușchi. Acestea sînt elemente care au afinitate pentru unele organe. Am putea spune că ele se dirijează în organism spre anumite „locuințe preferate". Oamenii de știință au numit această proprietate „organotropism" sau „depunere electivă".

Dar nu era suficient. Pentru a deosebi un țesut bolnav de unul sănătos, concentrarea radioelementului trebuia să se facă diferit. Această pretenție e justificată de necesitatea de a avea două valori deosebite pentru a putea fi comparate. Era acest lucru posibil ? Da. Din experiențe s-a observat că, în cazul unor tulburări de metabolism, celulele unui organ concentrează unele elemente în cantitate mai mare sau mai mică decît țesutul normal. De pildă, în cancerul glandei tiroide fixarea radioiodului se face în cantități mult mai mici decît cele constatate în cazul unei funcționări normale a glandei. În schimb, fosforul este acumulat de 10 pînă la 100 ori mai mult de celulele canceroase decît de celulele normale.

Toate acestea nu izbuteau totuși să satisfacă exigențele cercetărilor. Să ne gîndim că unii dintre izotopii care ar putea fi folosiți au o viață prea lungă și o viteză de eliminare din organism lentă. De pildă, radiocalciul cu perioadă de înjumătățire de 180 de zile trebuie administrat în cantități mici pentru a nu fi dăunător organismului uman. Dar, în acest caz, dezintegrările ce au loc într-un minut, sau chiar într-o oră, sînt într-un număr atît de redus, încît înregistrarea lor nu se poate face cu o exactitate suficientă. Deci, izotopii radioactivi întrebuințați pentru diagnostic trebuie să aibă o viață scurtă (de cîteva zile) și să se elimine relativ rapid din organism. În felul acesta se va putea face o măsurare corectă și se va evita producerea unor tulburări fiziologice, datorită unei emisiuni îndelungate de energie radiantă în organism.

La aceste pretenții nu au răspuns decît o mică parte dintre izotopii radioactivi.

În dorința de a învinge greutățile, privirile cercetătorilor s-au îndreptat atunci spre tehnică, această soră pricepută și întreprinzătoare a științei, căreia i-au cerut pregătirea unor aparate cît mai sensibile. Și, într-adevăr, dacă primele rezultate asupra investigațiilor pe om cu radioizotopi s-au făcut cu ajutorul tubului Geiger-Müller, astăzi cercetătorii au la îndemînă aparate cu mult mai sen-



„Locuințele" preferate ale unor elemente

sibile. În 1947 apar, astfel, contorii cu scînteiere, care sînt de 20—100 ori mai sensibili la radiații decît tuburile Geiger-Müller.

În felul acesta se poate scădea simțitor doza de izotopi administrată. De asemenea, se pot pune în evidență radiații față de care aparatele folosite pînă acum nu s-au dovedit destul de sensibile.

Detectabili cu tuburi de scînteiere a căror construcție s-a putut adapta după necesități, izotopii emițători de radiații beta își găsesc o aplicație mai largă. Se construiesc contoare subțiri, de forma unui ac de siringă, cu un diametru de 2—5 mm, care pot fi înfipte în țesuturi sau cavități, apropiindu-se în felul acesta de „locuințele preferate" unde radioelementul s-a adăpostit. În alte cazuri, contoarele minuscule, de scînteiere, adaptate în capul unei sonde, permit măsurarea radioactivității prin introducerea lor în stomac. În mod asemănător s-a putut face determinarea radioactivității bronhiilor prin introducerea contorului cu ajutorul bronhoscopului, un tub care este folosit în mod obișnuit pentru a controla suprafețele interioare ale bronhiilor.

Pentru a elimina orice greșeală, s-au construit aparate speciale care transformă pulsurile pe care le dau radiațiile radioactive prin contoare, în impresiuni pe hîrtie fotografică, obținîndu-se în felul acesta adevărate „hărți topografice", adică hărți ale corpului omenesc în care este arătată localizarea exactă a izotopilor, așa după cum pe hărțile geografice se poate indica precis locul unde se află zăcămintele subterane.

După ce am văzut strădania oamenilor de știință de a-și perfecționa cît mai bine instrumentele de luptă, să trecem să urmărim cum pot descoperi ei cu ajutorul acestor „arme" anumite boli.

CONTROLUL INIMII ȘI AL CIRCULAȚIEI

Un loc de seamă în fiziologie îl ocupă cercetările asupra activității inimii și circulației sîngelui în tot organismul.

Inima este un organ muscular cu patru despărțituri ca un fel de cămăruțe. Asemenea unei pompe, ea împinge fără întrerupere sîngele în tot corpul. Activitatea neîntreruptă a inimii asigură menținerea vieții. În repaus ca și în efort, ea își adaptează activitatea după cerințele organismului. Astfel, în orice condiții, inima reușește să asigure hrana și oxigenul de care are nevoie fiecare celulă a corpului nostru. Totodată, sîngele pompat de inimă „spală" fiecare părticică a corpului, îndepărtînd substanțele netrebuincioase sau vătămătoare care rezultă din diferite reacții chimice.

Desigur că și pînă în prezent s-au efectuat numeroase și valoroase cercetări în legătură cu funcționarea inimii. Prin experiențe de fiziologie ingenios realizate s-au putut studia și lămuri foarte multe din aspectele activității inimii și a vaselor de sînge.

Cum funcționează inima și întreg aparatul circulator al omului și animalelor? Care sînt particularitățile de funcționare ale acestuia? Ce factori îi influențează activitatea? Iată numai cîteva din cele mai generale probleme la care au răspuns cercetările de pînă acum ale oamenilor de știință. De bună seamă că lămuririle unor probleme legate de funcționarea aparatului circulator (adică inima și vasele prin care circulă sîngele în corp) a dat posibilitatea de a înțelege mecanismul diferitelor stări anormale. Cunoscînd mecanismul apariției acestor boli, oamenii de știință au fost în măsură să stabilească felul cum se pot trata și vindeca ele și îndeosebi să recomande măsurile și mijloacele necesare pentru prevenirea lor. Aceasta din urmă prezintă o importanță deosebită, căci este mult mai bine să previi boala, decît să o tratezi și să o vindeci.

Dar să pătrundem în „locașurile sacre", așa cum în mod expresiv numea Pasteur laboratoarele, acele încăperi în care se descoperă atîtea taine pe care natura le-a închis în fiecare corp, fie el viu, fie inert.

Găsim aici siluetele îmbrăcate în alb ale cercetătorilor care se pregătesc să urmărească cum funcționează inima unui pacient care, neliniștit, așteaptă pe culoar. Ceea ce te izbește de la început este curățenia exemplară, simplitatea încăperii în care nu observi decît instalația de măsurat, la care se adaugă un pat pe care va fi așezat pacientul. Pereții sînt netezi cu colțurile rotunjite, vopsiți în ulei alb, linoleul verde și curat, întins perfect pe suprafața podelei. Ceea ce vedem aici nu se aseamănă

de loc cu ceea ce observăm într-un cabinet medical obișnuit.

Totul se pregătește cu minuțiozitate și siguranță. Se verifică funcționarea aparatelor de înregistrat radiațiile, fondul radioactiv [1] al camerei și se aduce într-o casetă mică de plumb soluția care va fi administrată bolnavului.

— Nu trebuie să te sperii, nu vei suferi nici un fel de operație dureroasă — i se spune bolnavului care este adus în laborator și așezat pe pat.

Deasupra acestuia se găsește instalat aparatul de măsurat. Se fixează, în dreptul inimii, contorul de scînteiere, un tub bine protejat de o cămașă de plumb, care are numai o mică deschizătură. Prin această deschizătură vor trece radiațiile radioactive cînd izotopul va ajunge în cavitățile inimii. Medicul își pune mănușile de cauciuc, de parcă s-ar pregăti pentru o operație chirurgicală. El injectează în vena pacientului o doză mică dintr-o soluție fiziologică în care se găsește radiosodiu (^{24}Na).

Aparatele au fost puse în funcțiune. Cronometrul începe să numere secundele care se scurg de la administrarea soluției. Contorul de scînteiere, printr-un sistem de comandă, se deplasează în dreptul diferitelor părți ale inimii. Aparatele înregistrează succesiv radioactivitatea tuturor cavităților și a vaselor care pleacă sau vin spre inimă. Într-adevăr, nu au trecut nici 1—6 secunde de la momentul in-

[1] Fondul radioactiv al camerei e dat de numărul de impulsuri înregistrate de aparat datorită radiațiilor cosmice și celor înconjurătoare.

jectării și iată că se observă la aparat prima undă, a cărei durată este de la 1 la 4 secunde. Aceasta corespunde momentului cînd radiosodiul a ajuns în cavitățile drepte ale inimii. După o scurtă dispariție a radioactivității cardiace, de la 1—3 secunde, apare o a doua undă de 2,5—4 secunde, care de data aceasta corespunde sosirii radiosodiului în cavitățile din stînga inimii.

După ce s-au executat cîteva determinări, firul înregistrator al aparatelor se întrerupe și bolnavul părăsește sala satisfăcut că examenul s-a sfîrșit atît de repede și fără să aibă nimic de suferit. Între timp, cercetătorii interpretează rezultatele, care le vor permite să stabilească diagnosticul și tratamentul necesar.

Grație acestei metode, ei pot studia separat umplerea și evacuarea cavităților din dreapta și stînga inimii. De asemenea, ei pot observa și circulația pulmonară, forța de contracție a miocardului (mușchiului inimii). Datele obținute se compară cu cele normale.

Această nouă metodă pentru studiul funcționării inimii a fost denumită „radiocardiografie".

Metoda „izotopilor radioactivi" oferă un mijloc simplu și precis pentru a cunoaște și mai adînc chiar și unele aspecte particulare ale circulației sîngelui. De pildă, cu ajutorul acestei metode se poate determina cu cea mai mare precizie viteza cu care circulă sîngele în organism. Interesul pe care-l prezintă aceste cercetări se explică prin faptul că sîngele îndeplinește un rol foarte important.

Viteza circulației sîngelui este strîns legată de starea de sănătate. În anumite boli sîngele circulă cu o viteză diferită.

De aceea, pentru medici este adeseori util să cunoască cu precizie viteza cu care circulă sîngele în organismul respectiv. Astfel, la un om bolnav de arterioscleroză, adică avînd arterele îngroșate și sclerozate (întărite), sîngele circulă mai încet. La astfel de oameni, pentru ca o picătură de sînge să ajungă dintr-o extremitate a corpului în alta, este nevoie de un timp de peste două ori mai mare decît la un om sănătos.

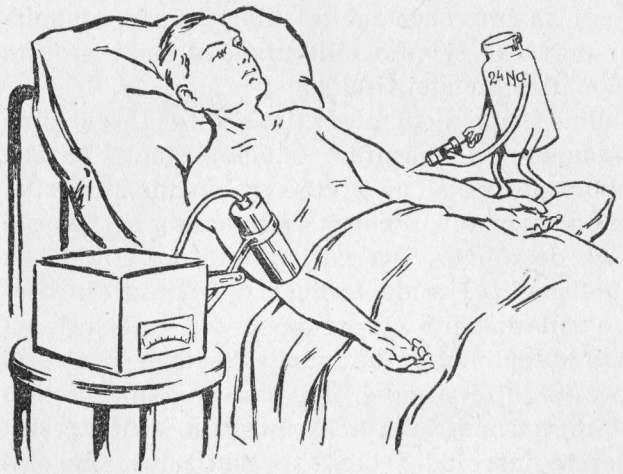
Cum se procedează în astfel de cazuri? Într-o venă se injectează la fel ca mai înainte o soluție fiziologică de clorură de sodiu, în care sodiul este radioactiv (^{24}Na). Datorită radiațiilor pe care le emite radiosodiul, acesta își semnalează prezența și își marchează singur drumul parcurs.

Măsurînd timpul care s-a scurs de la injectarea soluției radioactive și determinînd apariția radioactivității cu un tub Geiger-Müller în altă parte a corpului, stabilim viteza de circulație.

O aplicație deosebită o are această metodă și în cazurile cînd se astupă vasele de sînge, de împiedicare a circulației (arterite obliterante). În astfel de cazuri, un organ, de exemplu, un picior, poate să sufere datorită faptului că sîngele vine în cantități insuficiente în urma unei proaste circulații.

Urmările acestei boli (slaba circulație) sînt de multe ori periculoase și e necesară amputarea organului (tăierea piciorului), la nivelul de unde irigația

Determinarea vitezei de circulație a sîngelui cu ajutorul sodiului radioactiv



sîngelui este proastă. Nivelul de amputare se determină astăzi cu precizie tocmai prin metoda izotopilor radioactivi, arătată mai sus.

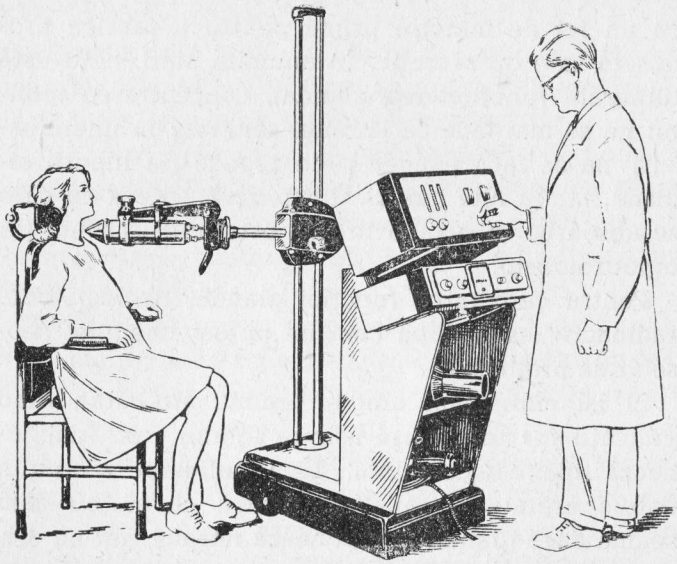
Tot atît de simplu și precis se poate determina și volumul total al sîngelui dintr-un organism. Pentru aceasta se introduce în organism, printr-o injecție în venă, o cantitate de globule roșii marcate cu radiofier sau radiofosfor, a căror activitate este cunoscută. Aceste globule marcate se amestecă cu sîngele din organism. După 5—10 minute se extrage o cantitate mică de sînge căruia i se determină radioactivitatea. Făcînd raportul între cele două activități, se află volumul de sînge din organism, pe baza unor formule destul de simple.

Hiper sau hipotiroidism, iată două din cauzele care pot să provoace multe tulburări ale organismului omenesc și care sînt urmarea unei proaste funcționări a glandei tiroide.

Studiul funcției glandei tiroide se făcea pînă acum numai prin „măsurarea metabolismului bazal". Metabolismul bazal ne arată combustiile (arderile) ce au loc într-un organism cînd acesta se găsește în stare de repaus. Dar ce legătură are tiroida cu metabolismul ? Tiroida asigură o desfășurare normală a arderilor din corpul omenesc. Această funcție este îndeplinită de hormonul tiroidian în a cărui compoziție intră și iodul. În cazul cînd se secretă o cantitate mai mare din acest hormon, arderile sînt accelerate iar cînd secreția e mai mică, ele sînt încetinite. În primul caz, medicii spun că tiroida se găsește în hiperfuncțiune și avem de-a face cu un hipertiroidian, iar în al doilea caz cu un hipotiroidian.

Prin măsurarea metabolismului bazal rezultate precise se puteau obține numai la 75 din 100 de astfel de bolnavi. Prin folosirea iodului radioactiv rezultate precise se obțin la 98 din 100 de bolnavi.

Cercetătoarea sovietică M. N. Fateeva arată modul în care s-a folosit iodul radioactiv. Iodul a fost întrebuințat pentru a se stabili cum funcționează glanda tiroidă în diferite cazuri de îmbolnăvire ale acesteia. În clinicile sovietice s-au făcut în această privință cercetări pe un număr mare de oameni. Într-adevăr, numai pe baza unui număr



Determinarea stării funcționale a glandei tiroide cu ajutorul radioiodului

mare de date se pot trage, într-o cercetare științifică, concluzii valabile, care să se poată aplica cu toată siguranța în scop diagnostic sau de tratament.

Cum s-au efectuat aceste cercetări ? Metoda este destul de simplă. Pe partea anterioară a gîtului, în dreptul glandei tiroide, se aplică un contor de raze gama. Cu ajutorul acestuia se determină în ce măsură glanda tiroidă absoarbe iodul radioactiv care se introduce în organism.

Este știut că în glanda tiroidă se concentrează cea mai mare parte (80%—90%) din iodul care pătrunde în organism fie prin alimente, fie injectat. Aceasta, pentru că glanda tiroidă îl utilizează

ca un fel de materie primă pentru a fabrica produsele sale de secreție. În anumite stări, cînd este tulburată funcționarea glandei, concentrarea iodului nu se mai face ca la omul sănătos: în unele cazuri ea se face exagerat de repede (în hipertiroidism), iar în alte cazuri, dimpotrivă, viteza cu care se absoarbe în glanda tiroidă este mult scăzută (în hipotiroidism).

Pentru cercetarea funcției glandei tiroide, iodul radioactiv este, după cum ne putem imagina, deosebit de prețios.

El își marchează singur drumul străbătut, dînd indicații foarte precise asupra felului cum funcționează glanda cercetată. Este suficient să citim datele arătate de aparate pentru ca să ne dăm seama dacă glanda funcționează normal sau nu. Citirile se fac la anumite intervale de timp — de pildă la două ore, la patru ore și la 24 de ore, comparînd datele cu cele normale. Cîteva cifre ne vor ajuta să ne facem o idee precisă asupra acestei metode. Astfel s-a stabilit că la oamenii normali, după două ore de la introducerea iodului radioactiv în organism, glanda tiroidă absoarbe 5—9% din iodul introdus, iar în 24 de ore absoarbe 10—30%. În cazurile de hipertiroidie, adică de funcționare exagerată a acestei glande, absorbția crește după 24 de ore la 35—37% din cantitatea de iod radioactiv injectată. Cea mai intensă absorbție de iod se constată la 8—12 ore.

În cazurile de hipotiroidie, adică atunci cînd glanda funcționează insuficient, absorbția iodului este scăzută și întîrziată: în două ore se absorb

mai puțin de 5% iar în 24 de ore nu se absoarbe mai mult de 10%. Cele mai mici cantități se absorb la bolnavii atinși de cretinism și mixedem.

Mixedemul este o boală care se datorește funcționării insuficiente a glandei tiroide. În formele avansate ale acestei boli, există numeroase semne caracteristice pe baza cărora se poate pune un diagnostic precis.

Există însă unele forme ale acestei boli, cunoscute sub numele de mixedem frust sau mica insuficiență tiroidiană. În aceste cazuri, semnele prin care se manifestă boala sînt mult mai reduse ca număr și sînt mai puțin caracteristice. Din această cauză, uneori diagnosticul nu este ușor de precizat. Or, acest lucru este foarte important. Precizîndu-se diagnosticul și aplicînd tratamentul cuvenit, se oprește evoluția bolii. Boala nu mai progresează iar bolnavul nu riscă o agravare a stării sale. În aceste cazuri, utilizarea izotopilor radioactivi reprezintă o metodă foarte precisă. În cazurile de mixedem, fixarea radioiodului este redusă. În puls, nu se mai observă o absorbție selectivă, adică absorbția cu precădere a iodului în glanda tiroidă, ci iodul se depune deopotrivă în toate organele.

În Uniunea Sovietică, metoda de determinare a felului cum funcționează glanda tiroidă e larg folosită în numeroase spitale, pentru examinarea bolnavilor. În regiunile unde există gușă endemică, de exemplu în Urali și în Abakan, s-au făcut cercetări pe întreaga populație pentru a se stabili cazurile de gușă. Astfel s-a putut cunoaște mai bine această boală.

În unele cazuri de tulburări ale glandei tiroide a fost necesar să se combine metoda descrisă mai sus cu o altă metodă pentru a cunoaște starea glandei tiroide. Acest al doilea mijloc constă în determinarea cantității de iod radioactiv eliminat prin urină. Eliminarea de iod radioactiv prin urină este scăzută la bolnavii de hipertiroidie, ceea ce înseamnă că iodul este reținut în proporție mai mare în organism.

În schimb, în cazurile de hipotiroidie, adică insuficiența glandei tiroide, eliminarea iodului este mai mare decît la omul sănătos. Aceasta ne arată că organismul omului care suferă de această boală nu este capabil să folosească iodul.

Interesante au fost studiile făcute asupra comportării glandei tiroide în bolile altor organe. De pildă, bolile de inimă sau ale vaselor, și îndeosebi în hipertonie (presiune vasculară mărită), s-a observat că funcția tiroidei se schimbă în raport cu gradul bolii. În anumite boli de inimă, o dată cu agravarea lor, atunci cînd inima bolnavă nu mai poate face față nevoilor organismului, s-a observat că absorbția iodului scade.

Medicii și oamenii de știință din țara noastră au efectuat de asemenea cercetări în legătură cu funcționarea glandei tiroide. Astfel, încă din 1954, sub conducerea acad. prof. Dr. C. I. Parhon și acad. prof. Dr. Șt. Milcu, colective din cadrul Institutului de Endocrinologie „C. I. Parhon" au folosit iod radioactiv pentru diagnosticul tulburărilor funcționale ale glandei tiroide.

În scop diagnostic s-a utilizat iod radioactiv în cazuri de hipertiroidie și boala lui Basedov.

De asemenea la Institutul de Oncologie din București se practică această metodă pentru diagnosticul cancerului tiroidian.

Actualmente, în institut se continuă cercetările pe o scară din ce în ce mai largă, atît pe cale experimentală, pe animale, cît și prin cercetări clinice.

SEMNALIZATORI AI CANCERULUI

Astăzi, cauzele multor boli sînt bine cunoscute. Știința poate acum să prevină și să apere organismele noastre împotriva urmărilor, uneori fatale, deseori dăunătoare vieții, pe care ar putea să le aibă aceste boli.

Și totuși, cu toată munca neobosită depusă de mii, de sute de mii de cercetători din lumea întreagă, una dintre boli continuă să rămînă învăluită în mister.

Este vorba de cancer.

Cu toată lipsa de cunoaștere precisă a cauzelor sale de apariție, oamenii de știință au căutat să curme, prin toate mijloacele, suferințele pe care le provoacă această boală.

Și iată că radioizotopii aduc noi speranțe în inimile savanților și a omenirii. De ce? Pentru că, stabilind diagnosticul mai devreme, tratamentul care se va aplica va avea un succes mult mai mare.

DAR CUM VOM REUȘI SĂ DIAGNOSTICĂM TUMORILE CANCEROASE CU AJUTORUL IZOTOPILOR ?

Leziunile canceroase au, după cum am arătat, o însușire foarte importantă : aceea de a acumula, din cauza metabolismului lor intens, o cantitate mai mare din anumite elemente. Această însușire este de un mare ajutor pentru medicii care vor să pună diagnosticul diferitelor tumori. Ei vor folosi, de data aceasta, izotopii radioactivi ai acestor elemente, care prin radiațiile lor vor putea fi puși în evidență uneori chiar de la distanță. Să dăm un exemplu ce reprezintă cazuri destul de obișnuite.

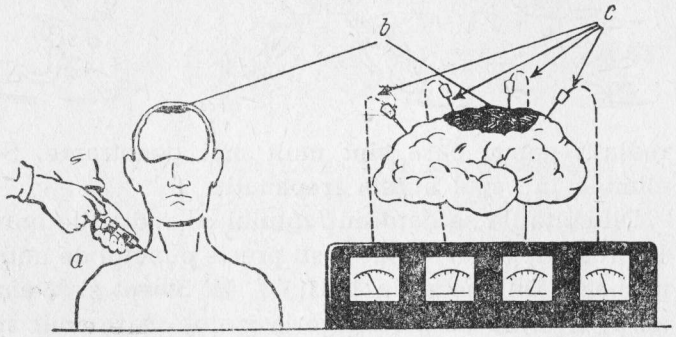
Un om are dureri de cap puternice, ameteli, uneori vărsături. El vine la medicul specialist care-l consultă. S-ar putea să nu fie nimic grav. Dar iată că medicul ezită. Este posibil să fie vorba de o tumoare la creier, și încă de una canceroasă. Cum să știe precis ? Cum să se convingă ?

Primele încercări de folosire în astfel de cazuri a izotopilor s-au făcut cu fosfor radioactiv (^{32}P), despre care se știe că se adună în cantitate mare în țesuturile tumorale. Se injectează, cu 24 de ore mai înainte, un milicurie [1] de fosfat acid de sodiu ($Na_2HP^{32}O_4$), o sare în care fosforul este marcat, și apoi, se scoate din cutia craniană un căpăcel — se face, cum se spune, o trepanație. Deasupra învelișului creierului, acum dezgolit, se plimbă un contor care indică cu precizie în ce loc se găsește cea mai mare concentrație de izotopi — deci unde e tumoarea. Dacă tumoarea e mai la adîncime, se

[1] Unitate de activitate pentru radioelemente ; 1 milicurie = $3{,}7.10^7$ dezintegrări pe secundă.

folosesc contorii în formă de ac, care se înfig chiar în creier pînă la o adîncime de 4—6 cm. Aceasta nu provoacă nici o neplăcere. Se știe că creierul este un organ care nu dă dureri cînd este înțepat sau tăiat.

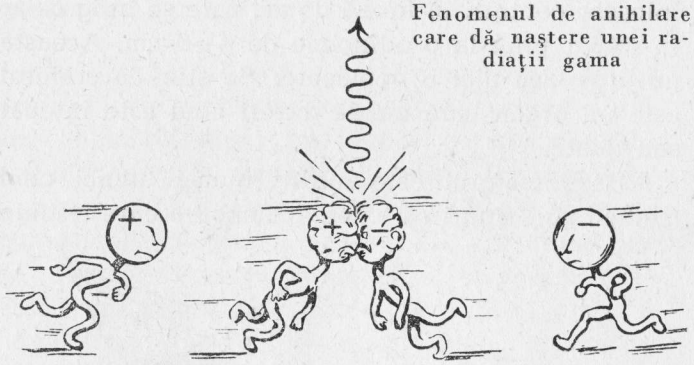
Astăzi, fosforul este folosit numai atunci cînd medicii sînt siguri că există o tumoare care trebuie



Localizarea la craniul deschis a tumorii canceroase cu ajutorul fosforului 32

operată, dacă vor să afle, după trepanație, locul unde se află. Această metodă a fost una din primele încercări de folosire a radioelementelor în diagnostic.

Dar cum cunoaștem dinainte de operație acest lucru ? S-au încercat alți izotopi. Se știe că substanțele colorante se fixează cu precădere pe țesutul canceros. S-a încercat atunci să se folosească fluoresceina, un colorant puternic, sub formă de di-iodofluoresceină (^{131}I). Rezultatele nu au fost întotdeauna bune. Totuși, are un avantaj față de metoda cu fosfor 32, aceea că iodul 131 emite și



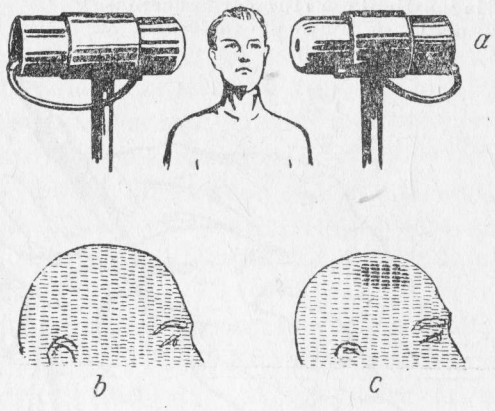
Fenomenul de anihilare care dă naștere unei radiații gama

radiații gama, care sînt mult mai penetrante. Se elimină în cazul acesta trepanația.

Dificultățile se datorau faptului că radiațiile erau împrăștiate și nu se putea ști precis punctul de unde porneau. De aceea, în 1951, W. H. Sweet și Wenn au avut ideea de a recurge la izotopi care emit simultan electroni negativi (β^-) și pozitroni sau electroni cu sarcină pozitivă (β^+). Cele două feluri de electroni avînd sarcini diferite, cînd se întîlnesc se neutralizează. Această neutralizare face ca masa lor să se transforme în energie, dînd naștere unei radiații gama. Fenomenul este numit de fizicieni fenomen de anihilare. Radiațiile gama care iau naștere în imediata vecinătate a izotopului pătrund straturi mai groase de țesut, ajungînd astfel la suprafața corpului.

Pentru a detecta radiațiile de anihilare se folosesc două contoare de scînteiere — cîte unul în fiecare parte a corpului.

Practic, G. L. Bronwell a construit o mașină automată care poartă cele două contoare, dîndu-le o



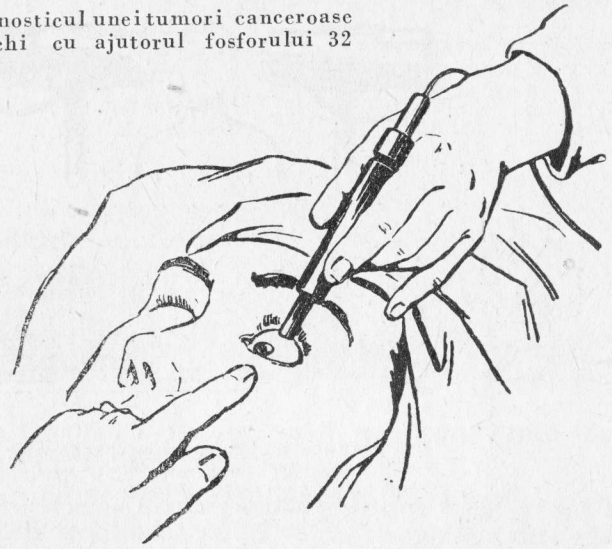
Diagnosticul tumorilor cerebrale:
a — *aparatul de înregistrare* ; b — *pozitrocefalograma unui craniu fără tumoră cerebrală* ; c — *pozitrocefalograma unui craniu cu tumoră la creier*

mișcare înceată. Un mecanism automat înscrie pe o foaie de hîrtie, pe care este desenată silueta creierului, punctele de unde se emit radiațiile. Cu cît aceste puncte sînt mai dese, cu atît sîntem mai aproape de sursa de emitere, deci de tumoare. Autorii numesc această înregistrare „pozitrocefalogramă".

Dintre izotopii care emit în același timp pozitroni și electroni, au fost folosiți numai : cuprul 64 și arseniul 74.

Prin acest procedeu, s-au putut recunoaște cu siguranță, din timp, foarte multe tumori. Bolnavii au fost operați și vindecați. În multe din aceste cazuri, medicii n-ar fi operat dacă izotopii n-ar fi dovedit prezența tumorilor — și viața bolnavilor n-ar fi putut fi salvată.

Diagnosticul unei tumori canceroase la ochi cu ajutorul fosforului 32



Radioizotopii s-au folosit și pentru diagnosticul sigur al tumorilor maligne ale ochiului. În cazul nostru, datorită faptului că tumorile intraoculare se pot localiza foarte precis, prin examinări medicale și pentru că se află foarte aproape de suprafață, s-a putut utiliza un emițător de raze beta : ^{32}P (fosfor). Acesta se adună în țesutul canceros al ochiului în concentrații de la 4 pînă la 20 de ori mai mari decît în țesutul normal. Particulele beta emise pot parcurge cam 7 mm de țesut.

Dacă în ochi se află o tumoare malignă, atunci contorul Geiger-Müller arată prezența unor radiații concentrate. Desigur că în afară de această metodă trebuie folosite și celelalte procedee de cercetare clinică pentru a duce la un diagnostic pozitiv.

Iată : pacientul este adus în sala de tratament. I se picură în ochi o soluție de cocaină, pentru ca să poată fi examinat ușor, fără să clipească sau să închidă pleoapele. În scurtă vreme, anestezia s-a instalat. Acum, medicul specialist în boli de ochi (oftalmologul) îi face un examen foarte amănunțit pentru ca să descopere cît se poate mai precis, cu ajutorul aparatelor obișnuite, situația și întinderea tumorii suspectate.

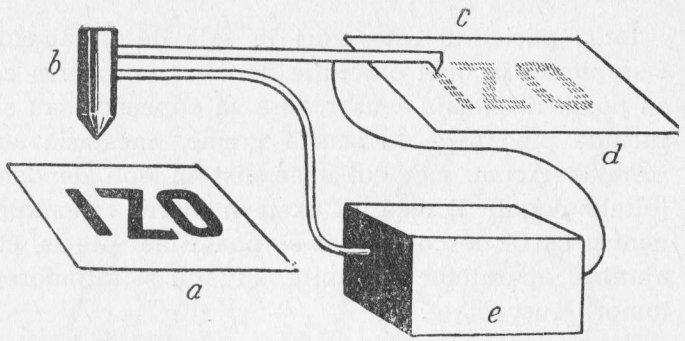
Toate sînt pregătite ? Contorul Geiger-Müller funcționează fără greș ? Bine ! Atunci, se poate face injecția ! O injecție intravenoasă, prin care se introduc 500 microcurie de fosfor (^{32}P sub formă de fosfat).

Îndată după injecție, se începe numărarea, punînd tubul Geiger-Müller în contact direct cu ochiul, deasupra suprafeței suspectate. Se face o măsurătoare timp de o jumătate de minut sau cel mult un minut. Numărătoarea este înregistrată.

Contorul se mută apoi la ochiul sănătos și se face încă o numărătoare asemănătoare.

În acest fel se repetă cîteva numărători, alternînd cînd în dreptul țesutului bolnav, cînd în dreptul celui sănătos sau se poate efectua o măsurătoare concomitentă cu ajutorul a două aparate.

Bolnavul e condus apoi la pat. El nu a avut de loc de suferit în cursul acestei examinări. Și acum, medicii cercetează datele obținute. După cantitatea de radiații din zona suspectată, se poate ști cu precizie dacă este vorba de o tumoare canceroasă, sau o altă tulburare care nu cere scoaterea ochiului bolnav.



Principiul de funcționare al autogamagrafului. Contorul primește impulsurile de pe suprafețele radioactive și le transformă în impresiuni pe care inscriptorul le înscrie pe o hîrtie sub formă de liniuțe

Un cercetător american, Gould A. Andrews, folosește, în scopul de a pune diagnosticul unor boli, injecții făcute direct în sînge cu aur radioactiv (^{198}Au), sub formă de soluție coloidală, despre care vom vorbi pe larg mai departe.

Prin acest procedeu se poate descoperi existența unei tumori sau unor metastaze în ficat sau în splină. Ce sînt aceste metastaze ? Metastazele sînt noi formații canceroase rezultate din răspîndirea la distanță a unor celule canceroase plecate de la tumoarea inițială.

Odată pătrunsă în sînge, substanța radioactivă coloidală circulă în întreg organismul și deci și în ficat și splină. În aceste organe există însă anumite celule care reții substanțele coloidale. Dacă în ficat sau în splină există o tumoare sau metastaze canceroase, aurul radioactiv se depune de data aceasta în cantitate mult mai mică decît în celulele normale.

Această diferență de acumulare poate fi recunoscută astăzi cu multă ușurință, folosind metoda autogamagrafiei. În ce constă această metodă ?

Cu ajutorul unui aparat compus dintr-un contor de scintilație se explorează regiunea bolnavă sau întreg organismul pacientului care a primit o soluție radioactivă. Contorul de scintilație este în legătură cu un inscriptor rapid care înscrie fiecare impuls, primit pe contor, printr-o liniuță pe o foaie de hîrtie.

Cînd contorul va trece deasupra unei regiuni mai puțin active, impulsurile, după cum știm, scad și liniuțele pe hîrtie vor apare mult mai rare. Cu cît activitatea unei regiuni va fi mai mare cu atît liniile vor fi mai aglomerate și mai intense.

În felul acesta, se poate pune diagnosticul de cancer tiroidian folosind radioiodul, sau de cancer cerebral folosind radiopotasiul sau substanțe compuse marcate cu radioiod.

Exemplele de mai sus, care nu reprezintă decît o mică parte din cercetările care s-au efectuat și se mai fac în continuare, dovedesc valoarea metodei izotopilor radioactivi. Cu ajutorul acestora se creează posibilități largi pentru a pune diagnosticul într-un număr important de boli.

Totuși, unele dintre ele au fost încă prea puțin experimentate ca să putem avea rezultate suficiente.

Trebuie să avem în vedere că ne aflăm abia la începutul erei atomice. Nu s-au depus încă toate eforturile pentru a folosi această epocală descoperire în slujba vieții, deoarece imperialiștii mai văd încă întrebuințarea ei ca mijloc de distrugere, de amenințare.

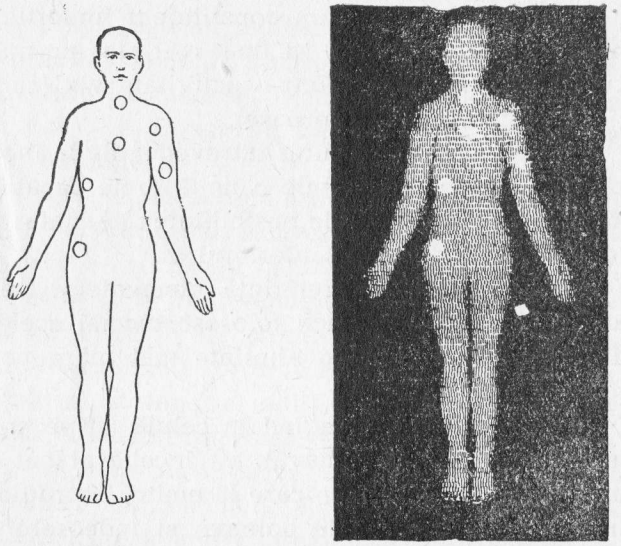
CUM ATACĂM

Nici o problemă nu insuflă medicului o neliniște atît de profundă și cu adevărat apăsătoare ca aceea a imposibilității de a trata o boală, de a scăpa un om de suferință. De aceea, oamenii de știință din lumea întreagă caută să descopere noi mijloace de a studia, preveni și trata bolile.

Cunoscîndu-se proprietățile radioizotopilor de a emite radiații, s-a întrevăzut de la început posibilitatea de aplicare a lor în tratamentul anumitor boli și îndeosebi în acela al cancerului. Aceste elemente noi și multe la număr depășeau în mod considerabil posibilitățile pe care le oferea radiul, singurul element utilizat pînă atunci ca emițător de radiații.

Se pune problema găsirii celor mai practice și mai eficace metode pentru folosirea cu succes a acestui nou instrument de luptă.

Timp de aproape 25 de ani, mii de cercetători din toate ramurile științei au contribuit prin munca lor la cunoașterea acestei posibilități noi, dobîndită de om, în lupta sa pentru stăpînirea naturii. În mai puțin de un sfert de veac, oamenii de știință, din aproape toată lumea, au reușit să pună baze solide



Autogamagrama obținută pe un bolnav de cancer tiroidian cu metastaze (locurile în alb sînt regiunile canceroase)

pentru înțelegerea corectă și folosirea practică a radioactivității artificiale.

Din capitolele tratate pînă acum, s-a văzut că unele elemente se fixează de preferință în anumite țesuturi. Fixarea lor se face cu atît mai bine, cu cît țesutul conține, în mod normal, o proporție mai mare din elementul respectiv. Deoarece izotopii radioactivi nu se deosebesc de izotopii stabili din punct de vedere chimic, ei vor urma același drum atunci cînd vor fi introduși în organism. Exemplul cel mai simplu am văzut că este dat de iod, care se fixează cu precădere în glanda tiroidă. De ase-

menea, fosforul, fiind un constituient important al nucleo-proteidelor, se va fixa mai ales pe nucleii celulelor care se află într-o activitate vie (cum ar fi cazul celulelor canceroase).

În felul acesta, s-a putut întrevedea de la început că radioizotopii constituie o nouă armă de atac în mîna medicilor, dîndu-le posibilitatea de a ataca celula bolnavă chiar din interiorul ei.

Astfel, bazați pe preferința elementelor pentru anumite țesuturi, medicii folosesc tocmai acele radioelemente care au o afinitate mai mare pentru țesutul bolnav.

Radioelementul, ajungînd în celulă (și pe noi ne interesează celula bolnavă), va începe atacul asupra ei prin radiațiile pe care le emite, distrugînd-o. În felul acesta celulele bolnave și îndeosebi cele canceroase vor fi supuse unei iradieri interne atîta timp cît radioelementul va rămîne fixat în ele.

Timpul de iradiere depinde între altele de perioada de eliminare din organism și de timpul de înjumătățire a radioelementului. Se aleg de obicei în acest scop elemente care sînt eliminate mai repede din organism și care au o perioadă de înjumătățire relativ mică (3—14 zile), pentru a nu supune organismul unei iradieri prea îndelungate.

În mod firesc vă puteți pune o întrebare : bine, radioizotopul se concentrează în celule și le distruge pe cele bolnave, dar... celulele sănătoase nu vor suferi acțiunea distrugătoare a radiațiilor ? Nu ! Nu vă speriați, celulele sănătoase sînt mult mai rezistente la acțiunea radiațiilor. Apoi, vă amintiți că într-o celulă canceroasă, fosforul de pildă, (în

cazul nostru, fosforul radioactiv), se acumulează de la 10 pînă la 100 de ori mai mult decît în celula normală. Datorită acestei acumulări mărite, celula canceroasă va fi supusă unei iradieri superioare celulei normale.

Proprietatea de acumulare cu precădere a unui element într-un organ sau țesut a fost primul principiu pe care se bazau la început aplicațiile izotopilor radioactivi în tratamentul bolilor.

Iată că oamenii de știință au făcut primul pas înainte în strădania lor de a lupta împotriva bolilor cu ajutorul izotopilor radioactivi. La un moment dat, însă, a existat impresia că posibilitățile de folosire ar fi destul de reduse.

În primul rînd, elementele care manifestau o preferință pentru anumite organisme erau puține la număr. În afară de iod (pentru glanda tiroidă), de fosfor (pentru oase, sînge, creier), de calciu și stronțiu (pentru oase), alte elemente nu se puteau folosi.

Dar nici acestea nu se bucurau de un prea mare succes. Iată, de pildă, în cancerul tiroidian, după cum știți, fixarea iodului este scăzută. Deci se punea o nouă problemă : aceea de a găsi substanțe care ar favoriza depunerea iodului în cantități mai mari în asemenea cazuri.

Radiocalciul și radiostronțiul (^{89}Sr), avînd perioade de înjumătățire prea mari (55 respectiv, 180 zile) și pe de altă parte fixarea lor în sistemul osos fiind de lungă durată, au făcut ca după primele încercări întrebuințarea lor să fie părăsită.

S-a demonstrat în felul acesta, foarte repede, că tratamentul bazat doar pe fixarea radioelementelor

pe anumite țesuturi nu permite, prin această metodă simplă, să dea extinderea dorită tratamentului cu izotopi radioactivi.

După nenumărate încercări, în ultimii ani au apărut principii și metode noi de aplicare a acestor substanțe, care fără îndoială sînt chemate să dea un avînt neașteptat posibilităților de întrebuințare ale izotopilor radioactivi în medicină.

SUBSTANȚE RADIOACTIVE SUB FORMĂ COLOIDALĂ

Cercetătorul american Gould A. Andrews a arătat avantajele de a folosi substanțele radioactive nu sub formă de soluții, ci sub formă coloidală. În soluții, după cum știm, moleculele substanței dizolvate în lichide sînt risipite în mod uniform printre moleculele dizolvantului. Datorită dimensiunilor mici pe care le au moleculele în această stare, ele pătrund cu ușurință și rapiditate în interiorul celulelor.

În cazul soluțiilor coloidale, moleculele se găsesc asociate, formînd grupuri mari care se mențin suspendate în masa dizolvantului. Acestor grupuri mari de molecule (conglomerate) chimiștii le-au dat numele de micele. Micelele nu pot pătrunde în interiorul celulelor, deoarece dimensiunile lor mari le împiedică să treacă prin membrana care înconjoară fiecare celulă.

De aceea, Gould A. Andrews a preparat radioelementul sub formă de soluție coloidală. Care ar fi avantajele noii metode? În vreme ce soluțiile circulă nestînjenite în tot organismul, micelele coloidale introduse în torentul circulator sînt oprite în special de ficat, splină, organele formatoare de sînge (hematopoetice), pe care le iradiază astfel în mod preferențial.

Un dezavantaj însemnat al acestei tehnici constă în faptul că nu avem întotdeauna posibilitatea să îndrumăm soluțiile radioactive coloidale, pe calea sîngelui, pînă la locul care trebuie iradiat.

ATAC DINĂUNTRU ȘI DIN AFARĂ

În multe cazuri se întîlnesc tumori care sînt localizate la suprafață. Oare ele nu pot fi tratate direct?

Într-adevăr, nimic nu pare mai simplu, mai firesc, decît ca asemenea soluții radioactive să fie introduse direct în tumoare, printr-o simplă înțepătură.

Introduse în tumori sau cavitățile organismului, soluțiile coloidale, datorită dimensiunii lor mari, sînt oprite la nivelul locului de injectare, fără a trece în circulația generală. Se reușește astfel localizarea iradierii numai asupra țesutului bolnav, apărînd restul organismului de efectul dăunător al radiațiilor.

Tendința esențială a metodelor de tratament este în cele din urmă aceea de a localiza introducerea

radioizotopilor, pentru a se limita iradierea numai asupra celulelor bolnave (canceroase).

Pînă acum am văzut că atacul împotriva celulelor bolnave, oricare ar fi metoda, se face din interior. Însă în afară de folosirea izotopilor radioactivi ca surse interne de iradiere, s-au imaginat și metode care folosesc aceste elemente ca surse externe (externe față de organismul respectiv).

Aceste metode, avînd predecesori în radiu și terapie cu raze X, nu au pus probleme prea dificile în aplicarea lor, deoarece în cele mai multe procedee radioizotopii nu fac altceva decît să înlocuiască aceste surse.

Și acum, să vedem mai în amănunt bolile în care se pot folosi cu succes izotopii radioactivi. Fără îndoială, nu vom putea epuiza lista acestor boli. În fiecare zi, publicațiile de specialitate aduc noi știri cu privire la „ultimele operații de pe frontul luptei împotriva bolilor", în care energia nucleară a devenit o armă de preț.

Toate substanțele radioactive — nu numai izotopii radioactivi artificiali, ci și substanțele radioactive naturale — pot fi folosite în tratamentul celor mai variate boli. Între acestea se numără bolile sîngelui, boli de piele, diferite inflamații și în special tumorile.

Din cauza numărului mare de boli în care s-a introdus tratamentul cu izotopi radioactivi, nu vom putea vorbi aici despre toate, ci despre cele mai cunoscute.

În medicină s-au realizat progrese însemnate în tratarea unui număr mare de boli care înainte secerau nenumărate vieți omenești. Este suficient să amintim de bolile infecțioase, care înainte de descoperirea sulfamidelor și a antibioticelor puneau deseori medicii în completa neputință de a salva un om uneori de la o infecție obișnuită.

Însă boala care s-a dovedit a fi cea mai rezistentă, cea care dă cel mai mult de lucru și astăzi medicilor, este boala canceroasă.

Este adevărat că o bună parte din responsabilitatea acestei situații o poartă chiar bolnavii, care neglijează în multe cazuri de a se prezenta la medic atunci cînd bănuiesc primele manifestări și cînd șansele de vindecare sînt maxime.

Cancerul, cunoscut în popor sub denumirea de „rac", este considerat, în ultimul timp, ca o boală a întregului organism, și de aceea se întrebuințează tot mai des noțiunea de boală canceroasă. Cancerul localizat se manifestă printr-o înmulțire rapidă și dezordonată a celulelor care, pătrunzînd printre celulele și țesuturile normale din vecinătate, le distrug. Celulele canceroase, care apar la început puține la număr, vor alcătui unul sau mai multe focare în locuri diferite ale aceluiași organ. Procesul de înmulțire continuîndu-se, mai repede sau mai încet (după locul unde au apărut, condițiile organismului și natura celulelor), va da naștere unui nodul (o creștătură), care constituie tumoarea propriu-zisă. Prin aceasta, tumoarea canceroasă se

localizează fie în interiorul organismului, fie la suprafață. Această tumoare va deveni obiectivul principal asupra căruia ne vom îndrepta atenția și tratamentul.

O altă caracteristică a bolii canceroase stă în faptul că ea poate să se răspîndească în orice loc și în tot corpul. Aceasta corespunde fazei de generalizare a bolii și se manifestă prin apariția la distanță de focarul principal a uneia sau mai multor tumori, numite metastaze. Metastazele, care ar putea fi denumite „fiicele tumorii", iau naștere prin însămînțarea cu celule canceroase desprinse din tumoarea principală. S-ar putea de asemenea ca metastazele să provină din celule normale, care sub influența unor factori generali și locali suferă modificări devenind celule canceroase.

Atenția medicilor, din cele mai vechi timpuri, a fost atrasă de tumoare, pe care noi am considerat-o ca fiind expresia localizării bolii canceroase.

Arsenalul terapeutic care ne stă la dispoziție în lupta împotriva cancerului este unul din cele mai bogate și variate.

Chirurgia și radioterapia (cu radiații X), care se folosesc cu cel mai mare succes, fie separate, fie asociate, au epuizat aproape toate posibilitățile. Chimioterapia, adică tratamentul cu substanțe chimice, a aruncat în această luptă peste 12 000 de substanțe diferite, nereușind pînă acum să aducă prea mari îmbunătățiri în tratamentul acestei boli.

Astăzi, radioizotopii, cu ajutorul cărora practicăm tot o radioterapie, ne oferă posibilitatea de a iradia

o tumoare direct sau de a elabora metode mai variate și accesibile.

De la început trebuie să recunoaștem că, cu tot progresul realizat prin folosirea izotopilor radioactivi, nu am reușit să vindecăm boala canceroasă și mai ales cazurile avansate.

Fără îndoială, rezultatele obținute pînă acum sînt foarte bune, iar întrebuințarea lor reprezintă una din cele mai importante perfecționări ale radioterapiei moderne.

RADIUL CEDEAZĂ LOCUL IZOTOPILOR

Descoperirea radiului și a proprietăților sale de către soții Curie, la sfîrșitul secolului trecut, a atras atenția nu numai a oamenilor de știință, ci a lumii întregi.

Descoperirea lui deschidea drumul unei ere noi, permițînd oamenilor de știință să capteze una din cele mai puternice surse de energie. Realizările la care s-a ajuns astăzi sînt uimitoare. Dar, pe lîngă această importanță istorică, radiul a avut și foarte multe aplicații practice.

Din experiența pe care Pierre Curie a făcut-o asupra lui însuși, expunîndu-și în mod conștient brațul la acțiunea radiațiilor, s-a văzut că ele atacă țesuturile vii. Pielea devenise la început roșie, cu un aspect de arsură, puțin dureroasă. După 20—30 de zile se formase o rană. De la această constatare,

Masă pentru manipularea celulelor şi acelor de radiu sau cobalt

soţii Curie cer ajutorul şi colaborarea medicilor pentru a studia pe animale efectul radiului.

Nu după multe încercări, ei îşi dau seama că radiaţiile gama emise de radiu pot fi folosite cu succes la distrugerea unor celule bolnave a căror înmulţire se făcea prea rapid.

În felul acesta au apărut primele aplicaţii în tratamentul unor boli de piele, tumori şi anumite forme de cancer.

Epoca de glorie a radiului începe, în acest fel, şi ea se va menţine pînă la începutul celei de a doua jumătăţi a secolului al XX-lea.

Folosind în cantităţi mici (2—5—10 mg), închis în celule sau ace de platină, radiul era introdus fie direct în tumoare, fie în aplicatoare. Aplicatoarele sau mulajele erau făcute din parafină sau din

amestecuri plastice care luau forma suprafeţei pielii pe care se aşezau pentru a iradia ţesutul bolnav.

Astăzi, radiul este înlocuit treptat prin radioelemente artificiale. Acceleratorii de particule şi reactorii nucleari au creat posibilitatea de a se prepara nenumăraţi izotopi în cantităţi industriale.

Radiul se găsea în cantităţi foarte mici şi, din cauza greutăţilor de separare, preţul lui era foarte ridicat. Un exemplu ne va edifica mai bine. Pentru a obţine un gram de radiu, Marie Curie a folosit 800 de tone de minereu de uraniu (carnotit), 500 de tone de diferiţi reactivi şi 12 000 tone de acizi ! Conţinutul total de radiu de pe suprafaţa pămîntului nu depăşeşte o jumătate de kilogram. În clinicile din ţara noastră se găseşte aproximativ 1 g de substanţă, repartizată în celule şi ace, care se foloseşte la Institutul de Oncologie din Bucureşti şi în alte 3 centre din provincie (Ploeşti, Oraşul Stalin, Cluj), la tratarea cancerului.

Radioelementele artificiale creează astăzi posibilitatea de aprovizionare cu cantităţi suficiente a centrelor anticanceroase.

Ele sînt cu mult mai ieftine, mai puţin toxice şi pot fi alese după gradul de pătrundere al radiaţiilor pe care-l dorim.

În tratamentul cancerului sînt folosite astăzi aplicatoare pe a căror suprafaţă sînt dispersate perle (sfere) mici de radiocobalt (^{60}Co). Unul din aceste preparate este plastobaltul (1 g conţine cam 64 perle de cobalt distribuite pe suprafaţa unui material plastic care se mulează perfect pe locul care trebuie iradiat). Activitatea totală a unui gram din

aplicator conține 2,5 milicurie de radiocobalt, ceea ce ar corespunde cu activitatea dată de 4 mg radiu.

Pe lîngă radiocobalt, se folosesc în acest scop iridiul, tantalul sau cesiul.

În dermatologie s-au făcut încercări pentru tratarea anumitor boli cu ajutorul radiofosforului folosit sub formă de aplicatoare.

Hîrtia de filtru se taie după forma și dimensiunea suprafeței de iradiat și se îmbibă cu o soluție de fosfat în care fosforul este radioactiv. Se lipește apoi pe suprafața care trebuie tratată.

Radiul rămîne totuși și astăzi, în unele centre anticanceroase, alături de razele X, singura sursă de iradiere. Dar în scurt timp el va fi înlocuit cu noile surse, care oferă posibilitatea unei mînuiri mult mai ușoare.

CU IZOTOPII LA... ATAC

Și acum să ne reîntoarcem la bolnavii al căror diagnostic l-am fixat tot cu ajutorul radioizotopilor și care așteaptă să li se aplice tratamentul cel mai indicat.

Împreună cu medicul, să participăm la tratamentul pe care-l aplică bolnavilor și la discuțiile asupra tratamentului.

Iată, avem în fața noastră pe unul dintre bolnavi, al cărui diagnostic a fost fixat cu siguranță : are „cancer tiroidian".

Înainte de a începe tratamentul, medicul ține să ne povestească că bolnavul a mai fost supus între timp unor examene absolut necesare pentru a stabili dacă tratamentul cu ^{131}I este cel mai indicat. Pentru aceasta s-a controlat capacitatea de fixare a iodului de către țesutul tiroidian (iodo-captarea). Administrîndu-se radioiodul într-o cantitate mică, însă perfect determinată, s-a putut verifica cu ajutorul contorului viteza și proporția de fixare a iodului în tiroidă. O metodă și mai exactă este aceea a autoradiografiei. La o zi-două după administrarea radioiodului se face o biopsie limitată. Din bucățica de țesut se taie o felie subțire care se pune pe o placă fotografică foarte sensibilă și se lasă cîteva zile. Prin dezintegrarea radioiodului, radiațiile impresionează placa, care, după developare (exact ca la fotografii), ne va permite calcularea exactă a cantității de iod fixată de tiroidă.

Dar pentru ce a fost necesar acest mic sondaj ?

Pentru că nu toate cancerele glandei tiroide pot fi tratate cu iod radioactiv. Numai puține cazuri pot beneficia de acest tratament și numai acele forme în care glanda tiroidă este capabilă de a fixa radioiodul într-o concentrație suficientă. Or, numai 20% din cazurile de cancer ale glandei tiroide răspund la această condiție. În urma sondajului făcut, am constatat că bolnavul nostru satisface condiția de care am vorbit.

După această explicație scurtă, medicul controlează buletinele de analiză ale bolnavului și urmărește, îndeosebi, numărul globulelor roșii și albe.

Din laboratorul de preparate radioactive, într-un vas special, se aduce „ceaiul radioactiv", cum se numește această soluție ; în soluție se găsește radioiod sub formă de iodură de sodiu care are o activitate de 15 milicurie.

Medicul caută să ne dea și unele explicații asupra dozei :

— Trebuie să știți că în privința dozei mai sînt divergențe destul de mari. Unii autori dau bolnavilor doze de 150—300 milicurie în decursul cîtorva luni, doză extraordinar de mare. Noi ne-am fixat la o doză moderată, de 30—100 milicurie, pe care o administrăm în mai multe rînduri, de 3—4 ori în timp de cîteva luni.

Este metoda recomandată de cei mai mulți și pare a fi cea cu care se obțin rezultate bune ; ea prezintă avantajul de a nu crea o iradiere prea mare și asupra celorlalte organe sănătoase.

Bolnavul a înghițit „băutura fermecată", iar noi am părăsit camera lui, pentru a continua discuția asupra acestei probleme în biroul medicului.

— Dar ce se va întîmpla acum, după ce bolnavul a înghițit băutura radioactivă ?

— După înghițire sau injectare (pentru că se poate administra și în injecții intravenoase), iodul radioactiv a intrat în circulația generală. După 2—4 ore, dacă vom pune bolnavului nostru un contor cu scînteiere în jurul gîtului, vom observa că fixarea iodului a și început. Tumoarea va fi iradiată de iodul pe care-l conține precum și de iodul fixat de țesutul necanceros vecin.

— Desigur, sînteți curioși acum să aflați ce se va întîmpla cu bolnavul tratat ? Bolnavul va fi urmărit cu atenție iar la anumite intervale dinainte stabilite va primi celelalte doze de iod. După aceea așteptăm să se însănătoșească, așa cum s-au însănătoșit mulți alții în urma unui tratament asemănător.

— Dar, pentru că am vorbit despre iod, probabil că vreți să știți și ce alte aplicații mai are. Da, radioiodul mai are un efect terapeutic foarte bun asupra metastazelor, acele mici tumori pe care adesea le întîlnim în cancerul tiroidian ; radioiodul se fixează într-o proporție considerabilă în metastaze.

În foarte multe cazuri s-a obținut dispariția completă a nenumăratelor metastaze ale cancerului tiroidian localizate în oase și alte organe. Uneori, iodul radioactiv este folosit la iradierea cancerelor tiroidiene înaintea intervențiilor chirurgicale.

Dar iată că sora, deschizînd ușa biroului, a întrerupt firul discuțiilor, invitîndu-l pe medic să se pregătească pentru cazul special programat. Medicul se pregătește și ne invită și pe noi să privim, de la balconul sălii de operație, prin geamul de sticlă, desfășurarea unei operații interesante. Înainte de a ne despărți, ne atrage atenția că bolnavul pe care o să-l vedem prezintă un cancer cerebral care, prin întinderea lui, nu îngăduie un atac chirurgical.

După un studiu atent, migălos, s-a hotărît tratamentul cu radioizotopi. Dar de data aceasta este vorba de o nouă metodă care constă în implantarea de grăunțe metalice radioactive direct în tumoare.

De la balcon, urmărim chirurgii care mînuiesc cu măiestrie instrumentele cu ajutorul cărora găuresc țeasta bolnavului. Într-adevăr, au făcut un orificiu de aproximativ 2—3 mm prin care introduc direct în tumoare unul sau mai multe grăunțe de aur radioactiv, sterilizat cu grijă. Bolnavul este pansat și transportat în camera sa.

Reluînd firul discuțiilor, medicul ne vorbește de o altă metodă care se poate aplica în cazul de față. Însă această tehnică este mult mai pretențioasă, ea nu ar necesita nici mai mult nici mai puțin decît un reactor nuclear. Cum, un reactor, aceea uzină gigantică despre care am auzit vorbindu-se la început ?

Da, acea uzină gigantică, care în cazul de față servește tot la producerea de izotopi radioactivi însă în condiții cu totul speciale. Dar, să vedem despre ce este vorba. Pentru a localiza acțiunea izotopului numai asupra creierului, cercetătorii au folosit o dublă proprietate pe care o are borul, un element chimic, pe care-l recunoașteți ușor dacă vă reamintesc că el intră în compoziția acidului boric sau boraxului. Prima proprietate este aceea că borul (administrat sub formă de borat) se îndreaptă și se depune în concentrația cea mai mare în creier îndeosebi în celulele canceroase, a doua constă în faptul că borul captează (înghite) cu mare ușurință neutroni, transformîndu-se astfel într-un alt element. Nu ne rămîne de făcut decît să administrăm bolnavului cu cancer cerebral o cantitate de borat (sare a acidului boric) și apoi să-l așezăm cu capul în dreptul unui canal care pornește

de la reactor și pe unde sînt îndreptați neutronii care iau naștere în timpul funcționării lui. Vă imaginați acum ce se poate întîmpla ? Creierul devine sediul unei reacții nucleare. Neutronii, al căror flux este bine reglat, străbat cutia craniană, ajungînd pînă la celule în interiorul cărora se găsește acum o cantitate de bor. Fiecare atom de bor absoarbe cîte un neutron, transformîndu-se într-un alt element chimic — litiu — și punînd în libertate particule alfa, a căror acțiune biologică este foarte energică. Reacția care are loc nu e grea și în limbajul fizicienilor ea se poate scrie în felul următor :

$$^{11}_{5}\mathrm{B} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{8}_{3}\mathrm{Li} + ^{4}_{2}\mathrm{He}$$

În felul acesta au fost tratați bolnavi în cazul cărora nu s-a mai putut aplica nici un alt tratament. Prin această metodă s-au obținut unele ameliorări prin îmbunătățirea stării generale a bolnavilor, însă nu vindecarea lor.

— Văd că vă interesează din ce în ce mai mult, spuse medicul. De aceea, vă voi mai prezenta cîteva tehnici care se aplică în cîteva din cele mai importante localizări ale cancerului.

De pildă, cancerul pulmonar, dacă a fost descoperit în fază mai timpurie, poate fi tratat cu succes printr-o operație chirurgicală. Însă cînd bolnavul se prezintă tîrziu, deci boala a avansat, nu se mai poate face operație.

Singurul tratament în cazul de față este radioterapia cu ajutorul căreia se obține numai o îmbunătățire a stării bolnavului. Dacă aplicăm însă terapia

cu raze X vă dați seama că pînă la tumoare radiațiile trebuie să străbată diferite țesuturi sănătoase. Pe lîngă acest neajuns, se mai adaugă și acela al micșorării dozei aplicate, prin absorbția unei bune părți din radiații de către țesuturile sănătoase pe care le străbat. Se punea problema eliminării acestor neajunsuri. Și, într-adevăr, izotopii radioactivi sînt singurii care o pot rezolva. Dar cum am putea îndruma cantitatea de radioelement spre tumoarea pulmonară pentru a exercita o iradiere locală ? Părea un lucru foarte greu și totuși a fost rezolvat. Într-adevăr, pentru a ajunge pînă la tumoarea pulmonară, a trebuit să se aleagă un drum ocolit și anevoios. Să vedem în ce constă această ingenioasă metodă. Printr-o mică operație se scoate la suprafață vena de la plica cotului (încheietura cotului). Vena se deschide și se introduce o sondă (cateter) subțire și elastică (în general e făcută din material plastic), care în interior are un canal. Încet și cu multă atenție, sonda se împinge pe venă în sus, pînă ajunge la inimă.

Din inimă, sonda este angajată în artera pulmonară unde intenționăm să depunem soluția radioactivă.

Vă dați seama cît de grea este această operație. Ea necesită urmărirea cateterului cu ajutorul unui aparat Roentgen.

Ajungînd la locul dorit, prin canalul sondei, introducem o soluție coloidală radioactivă (de pildă Au^{198}). Mărimea particulelor este în așa fel calculată, încît să depășească diametrul capilarelor pulmonare (vase mici care irigă plămînul cu sînge).

Micelele vor astupa capilarele și în felul acesta soluția radioactivă se va acumula într-un singur loc, de unde va iradia direct tumoarea.

Acest procedeu tehnic a fost imaginat și pus la punct de prof. Werner Forssmann din Bad Kreuznach (Germania) cu totul pentru alt scop. Pe el îl interesa înregistrarea contracțiilor inimii în vederea precizării diagnosticului unor boli de inimă. Prof. Forssmann, ca și mulți alți experimentatori, a încercat procedeul său chiar asupra sa. Deschizîndu-și o arteră a brațului, a introdus sonda pe care împingînd-o, cu mult curaj, a reușit să ajungă cu ea pînă la auricului drept. Terminînd această operație dificilă, prof. Forssmann era curios să vadă rezultatul experienței sale. Pentru aceasta s-a dus la un serviciu de radiologie unde a putut să se convingă pe deplin de succesul procedeului său. Pentru lucrările sale în acest domeniu, prof. Forssmann a fost răsplătit cu premiul Nobel pentru medicină pe anul 1956.

O altă localizare a cancerului, una dintre cele mai răspîndite la bărbați, este cancerul gastric (sau stomacal). Singurul tratament care dădea rezultate bune era tot cel chirurgical. Dar aceasta presupunea îndepărtarea unei părți din stomac, deci micșorarea lui. Uneori nu se putea interveni din cauza întinderii prea mari a tumoarei. Izotopii ușurează și în cazul acesta situația. Dar cum ? Nici de astădată bolnavul nu scapă de operație, dar operația la care este supus e mult mai simplă și ușoară. Bolnavului i se deschide stomacul în interiorul căruia se introduce un balon de cauciuc, care conține

cîteva perle de radiocobalt ce plutesc într-un lichid gelatinos. Abdomenul este închis, iar la exterior, cu ajutorul unui magnet care se plimbă de-a lungul corpului, perlele de cobalt se pot dirija și concentra pe regiunea pe care dorim să o iradiem, adică acolo unde considerăm că s-a localizat tumoarea.

O metodă asemănătoare se aplică și în cancerul vezicii urinare (băşica urinară). Se introduce în vezică, pe căile urinare, o sondă prevăzută la un cap cu un balon. Balonul se umple cu un lichid colorat pentru a se vedea dacă nu prezintă crăpături. Printr-o sondă alăturată se recoltează urina și se urmărește culoarea ei. Dacă urina nu a fost colorată de colorantul din balon, trecem mai departe.

La cîteva ore, după ce ne-am convins că balonul este intact, se înlocuiește lichidul colorat cu 60 cc soluție radioactivă (clorat de cobalt radioactiv). Soluția se lasă 8—10 zile.

Pentru a avea siguranța că balonul se menține intact, tot timpul se va urmări radioactivitatea urinei. Dacă se constată că urina devine radioactivă se va evacua imediat și se va face o spălare abundentă și prelungită a vezicii.

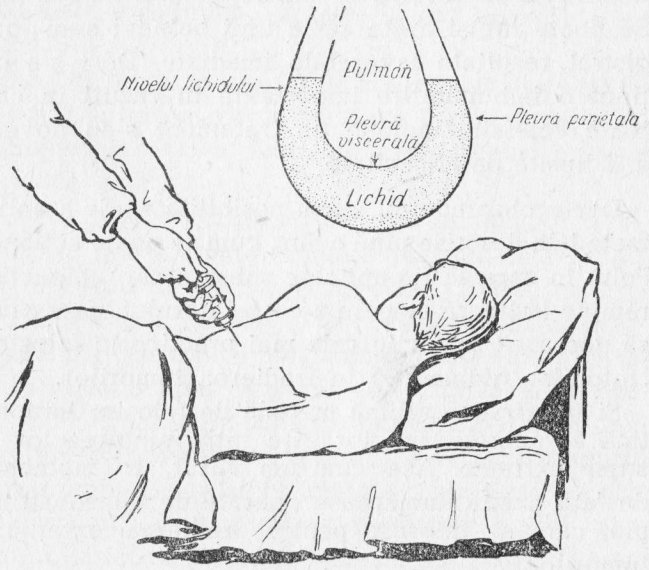
Pentru înlăturarea oricărui risc, se poate înlocui soluția cu o perlă de cobalt radioactiv, care va fi bine centrată în mijlocul balonului, de unde va trimite radiațiile pe direcția unei sfere pe suprafața vezicii urinare.

Soluțiile coloidale radioactive pot fi injectate intracavitar, în diferite cavități din organism.

Astfel, aurul coloidal se poate introduce în cavitatea pleurală sau abdominală. Această metodă se folosește atunci cînd avem de-a face cu un cancer la organele din apropierea acestor cavități și care în general face să apară o cantitate mare de lichid în care se găsesc și celule canceroase. În felul acesta se poate împiedica producerea lichidului și posibilitatea de însămînțare a celulelor. Astăzi, pe lîngă ^{198}Au se mai folosesc și soluții de fosfor sau ytriu radioactiv coloidal.

Vedeți, de altfel, cît de ingenioase sînt metodele de tratament și ce multe posibilități de iradiere ne oferă substanțele radioactive.

Administrarea substanțelor radioactive intrapleural



Și în țara noastră, aceste metode noi au început a fi aplicate din 1954—1955.

La Institutul de Oncologie din București s-au tratat o serie de bolnavi cu fosfor și aur coloidal radioactiv în diferite forme ale boalei canceroase.

Toate cazurile erau într-o stare avansată, adică prezentau metastaze. De asemenea, la toate cazurile se făcuse mai înainte tratament cu raze X, fără însă a se fi obținut rezultate bune.

Fosforul radioactiv a fost introdus prin injecții în venă iar aurul coloidal intracavitar. Tratamentul a fost bine suportat de bolnavi și nu s-au observat tulburări.

De la aplicarea tratamentului s-a scurs un timp mult prea scurt pentru a se putea trage concluzii definitive cu privire la eficacitatea tratamentului. Se poate totuși arăta că la unii bolnavi s-au înregistrat rezultate favorabile imediate. Deci s-a obținut o îmbunătățire importantă în cazuri în care toate celelalte metode de tratament s-au dovedit a fi lipsite de eficacitate.

Dar acolo unde nu avem posibilitatea de a aplica metodele descrise pînă acum, cum se poate acționa? Felul în care să fie aplicate substanțele radioactive rămîne la libera alegere a cercetătorului, care caută să găsească tehnicile cele mai practice în folosirea izotopilor radioactivi în iradierea tumorilor.

Și în sfîrșit o ultimă metodă de folosire terapeutică a radioelementelor este întrebuințarea lor ca surse extreme. Așa cum am văzut, în momentul de față există numeroase aparate de telecobalterapie, care se folosesc pentru iradierea externă a tumorilor.

Această metodă se folosește cu cel mai mare succes în special în localizările canceroase ale limbii, buzei, sinusurilor maxilare, laringelui, foselor nazale, sînului și altele.

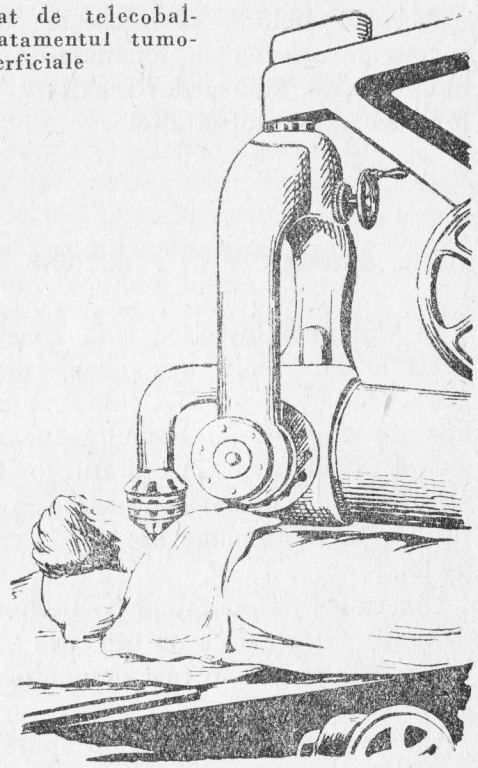
TUNUL RADIOACTIV ÎN FUNCȚIUNE

În Uniunea Sovietică s-au construit dispozitive speciale care emit raze gama, cum sînt aparatele „GUT-Co-20" și „GUT-Co-400". Fiecare din aceste aparate cuprinde o anumită încărcătură de substanță radioactivă. Cu ajutorul lor se poate acționa asupra tumorilor care se găsesc în adîncimea țesuturilor, la o adîncime de 10—15 cm sub suprafața pielei.

Din cauză că aparatele de iradiere acționează la distanță, întocmai ca un tun care trimite proiectilul în depărtare, ele au fost denumite „tunuri aruncătoare de raze".

Cu ajutorul unor astfel de aparate se pot trata, de la caz la caz, tumorile mai adînci sau cele situate mai aproape de suprafața corpului. Astfel, cu ajutorul aparatului „GUT-Co-400", care posedă o încărcătură mai puternică, se bombardează tumorile situate în adîncime, cum ar fi cele din plămîn, esofag, uter și altele. În schimb, aparatul „GUT-Co-20", care are o încărcătură mai mică, este folosit pentru a trata tumori mai superficiale — cum sînt cancerul maxilarului, al laringelui, metastazele din ganglionii limfatici, situați în diferite părți ale corpului.

GUT-Co-20, aparat de telecobalterapie pentru tratamentul tumorilor superficiale



Dar, am vorbit despre „încărcătura" acestor tunuri binefăcătoare. Despre ce „încărcătură" este vorba?

„GUT-400" este încărcat cu o cantitate de cobalt radioactiv (^{60}Co), echivalentă cu 400 grame de radiu. Încărcătura unui tun își păstrează eficacitatea timp de cîțiva ani. (Timpul de înjumătățire al ^{60}Co fiind de 5,3 ani).

Aspectul unui bolnav cu tumoră, înainte și după tratament

După cum se vede, tunurile radioactive acționează asupra tumorilor aflate la oarecare distanță. În limba greacă „departe" se spune „tele". De aici și denumirea de „teleradioterapie", dată tratamentului la distanță cu radiații radioactive iar în cazul nostru, fiind vorba de tratament cu cobalt radioactiv — telecobalterapie.

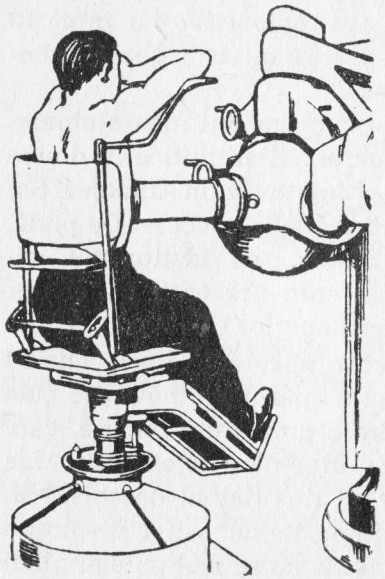
Rezultatele obținute pînă acum sînt încurajatoare. Astfel, la Institutul de cercetări științifice în domeniul radiologiei „V. M. Molotov" din Uniunea Sovietică s-au înregistrat o serie de succese. De pildă, docenta I. Lagunova, directoarea institutului, citează cazul unui bolnav care prezenta un cancer neîngrijit al maxilarului superior. Bolnavul fusese supus unei operații chirurgicale. Totuși, curînd după operație, tumoarea a apărut din nou, așa cum se întîmplă adeseori. Era o creștătură imensă, care ocupa întreaga jumătate dreaptă a feței. Tumoarea îi împiedica pe bolnav să țină ochiul deschis. Nările îi erau astupate, împiedicînd astfel respirația prin nas. Medicii nici măcar nu se mai puteau gîndi

la o nouă intervenție chirurgicală. Situația părea desperată.

Bolnavul a fost atunci supus teleradioterapiei cu ajutorul aparatului „GUT". Încetul cu încetul, crescătura a început să dea înapoi. Mai mult, starea lui s-a îmbunătățit în așa măsură încît a putut să-și reia lucrul.

Au trecut optsprezece luni și nu s-a mai produs nici o recidivă, adică revenirea bolii.

Un alt exemplu de la același institut este tot atît de sugestiv. De astădată este vorba de un om căruia i s-au făcut, împreună cu întreg colectivul întreprinderii, examene clinice și microradiografii în serie. Cu alte cuvinte, în loc să se facă radiografii



GUT-Co-400, aparat pentru telecobalterapie profundă

mari pentru care e nevoie de timp și material mult, s-au făcut radiografii mici, pe un film special, de format redus. Asemenea microradiografii se fac periodic și în țara noastră, în instituții și întreprinderi, în scopul de a descoperi cît mai de timpuriu boala.

Examinînd filmul obținut, medicii au constatat la această persoană existența unui cancer al plămînului, într-o fază înaintată.

Localizarea pulmonară constituie una din cele mai grave forme ale bolii canceroase. Faza avansată sub care se prezenta în acest caz făcea imposibilă intervenția chirurgicală.

Bolnavul a fost atunci supus bombardamentului pașnic și eficace al tunului cu cobalt „GUT-Co-400". Deși era vorba de un caz deosebit de grav, rezultatul a fost că tumoarea a dat înapoi.

Ținut sub observație timp de doi ani, bolnavul nu a prezentat recidive.

SĂ FACEM CUNOȘTINȚĂ CU „GUT — 400".

M. Popovski povestește despre prima lui întîlnire cu „GUT-400". Asta s-a întîmplat într-unul din institutele sovietice unde acest aparat este folosit astăzi în mod curent. Să-i dăm cuvîntul :

. . . . . .

...O ușă plumbuită, scundă, se deschide încet. După ea alta.

— Se pare că intrăm în cușca unei fiare periculoase — glumesc eu.

— Acum a fost în mare măsură îmblînzită — remarcă serios medicul.

Coborînd patru trepte, ajungem într-o cameră cu pereți de faianță. Jumătate din cameră e ocupată de un aparat uriaș, care aduce a animal sălbatic ridicat în două labe.

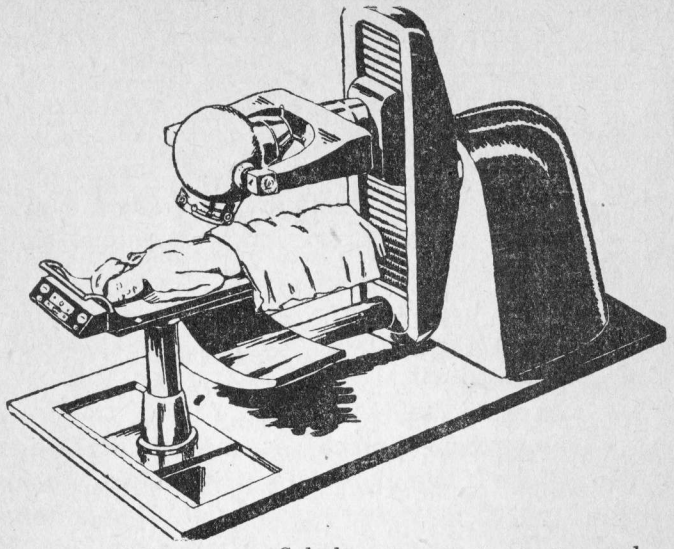
Doctorul Galina Feodorovna Nevskaia învîrte o manivelă și aparatul își apleacă supus „capul" — un glob de plumb.

— Acesta e tele-radio-tunul ?

— Nu trebuie poreclit așa un aparat ca acesta, care aduce oamenilor viața și sănătatea. Constructorii noștri au dat instalației denumirea de „GUT-400", adică „gama-utilaj-terapeutic". Unul dintre bolnavii noștri care în trecut a fost tratat cu ajutorul acestui aparat, l-a poreclit, încîntat, „Sehr gut", adică „foarte bun". Nu-i oare denumirea aceasta mai bună decît cea de „tun" ?

— Dar ce înseamnă cifra „400" ?

— Ea dovedește în primul rînd succesele științei. Este vorba de faptul că noile aparate sovietice n-au încărcătură de radiu ca aparatele de construcție veche, ci de cobalt radioactiv. Radiocobaltul, incomparabil mai bun decît radiul, este sursa de raze gama de care avem nevoie. La aparatul pe care-l vedeți, încărcătura de cobalt echivalează cu 400 grame de radiu. Pentru a înțelege semnificația acestei cantități, trebuie să amintim că, înainte de război, cea mai mare instalație de acest fel avea abia 12 grame de radiu.



Cobaltron, aparat pentru telecobalterapia tumorilor canceroase

În legătură cu mașina „GUT" sînt de spus multe lucruri interesante : „GUT" este un aparat pentru tratarea bolnavilor cu ajutorul energiei nucleare. După cum se știe, sînt utile numai doze de iradiere strict limitate. Orice surplus de raze dăunează mult organismului. De aceea, aparatul este făcut, în cea mai mare parte, din plumb care-i apără pe cei din preajmă de acțiunile radioactive.

— „Fiara", după cum vedeți, a fost îmblînzită și servește binelui omului — declară doctorul G. Nevskaia. Dar mai avem ceva, pentru orice eventualitate.

Și ne arată o casetă metalică de mărimea unei cutii de chibrituri, cu o plăcuță, un film sensibil la

razele gama. Această casetă o poartă întotdeauna la ei medicii de la secția de gamaterapie a Institutului de medicină nr. 1. Învelișul metalic nu este un obstacol pentru pătrunderea razelor gama. De aceea, cu ajutorul plăcuței se poate stabili de fiecare dată dacă iradierea realizată n-a depășit limita îngăduită.

Mașina „GUT" este dirijată de medici dintr-o altă cameră, despărțită de aparat printr-un zid de beton. Mi s-a arătat tabloul de comandă. Pe tablou s-a aprins un bec de culoare verde, ceea ce arată că fiola cu cobalt radioactiv se află exact în centrul globului de plumb. În clipa cînd bolnavul este gata să fie expus iradierii și aparatul este pregătit, pe tabloul de comandă se aprinde un bec de culoare roșie. Acesta arată că iradierea a început.

Grija nemărginită pentru bolnav se simte în fiecare piesă a acestei mașini minunate. Iradierea durează exact atîtea minute și secunde cît a stabilit medicul. Dacă asistentul uită să oprească aparatul la timp, acesta se întrerupe singur, în mod automat.

Bolnavul expus razelor nu se simte izolat, chiar dacă nu se află lîngă el nici medicul, nici sora. Fiecare cuvînt rostit de el îl aud medicii de la tabloul de comandă.

— Împreună cu chimioterapia și cu chirurgia — spune un alt medic al secției, Valentina Vladimirovna Selihova — tratamentul cu raze este un mijloc prețios pentru combaterea afecțiunilor tumorale. După operație, iradierea este necesară: suvoiul de particule atomice distruge celulele tumo-

rale pe care bisturiul chirurgului nu le-a putut înlătura.

În alte cazuri iradierea scutește pe bolnav de operații dureroase.

— Înseamnă oare că tratamentul cu raze vindecă în toate cazurile?

— Din păcate, nu întotdeauna! Simțim și noi amărăciunea insuccesele. Nu totdeauna poate fi prelungită viața unui bolnav. Cu toate acestea, succesele terapiei cu raze ne dau nouă, medicilor, mari speranțe.

Din Kazahstan, de pe pămînturile înțelenite, a sosit combinerul Vitali T., un bărbat înalt, lat în spate, de vreo 45 de ani. El strînge puternic și îndelung mîna medicilor care l-au salvat. Bolnavul lucrează ca mecanizator de 25 de ani. În timpul războiului, a comandat o unitate. După demobilizare, a plecat într-un S.M.T. din regiunea Voronej. Era foarte apreciat, deoarece lucrează sîrguincios. În afară de asta, se pricepe la toate: este și combiner, și tractorist, și lăcătuș, și, la nevoie, chiar mecanic.

La sfîrșitul anului 1951 s-a îmbolnăvit. S-a constatat că avea o tumoare naso-faringiană. Chirurgii au refuzat să facă operația.

La Moscova, în clinica Institutului medical nr. 1, combinerul a fost supus unui tratament cu cobalt radioactiv. Și iată că, după două luni de tratament, un om care nu mai spera să se însănătoșească a revenit la viață, la muncă.

Au trecut de atunci doi ani. În primăvara anului 1954, T., împreună cu întreaga familie, a plecat în Kazahstan la valorificarea pămînturilor înțelenite.

El vine în fiecare an la Moscova, la consultație, și, de trei ani, în fișa sa medicală, medicul notează hotărît : „Sănătos".

BISTURIUL INVIZIBIL

În legătură cu tumorile cerebrale, se fac cercetări în laboratorul de radiobiologie al Institutului de biofizică al Academiei de științe U.R.S.S. Aici, s-a imaginat un aparat special, denumit „bisturiu actinic", care schimbă cu desăvîrșire vechea tehnică, destul de complicată, a unei intervenții chirurgicale asupra creierului.

După vechea tehnică, o asemenea operație decurgea cam în felul următor. Bolnavului i se făcea o trepanație. Dălți, ferăstraie, bisturie speciale și o muncă încordată a chirurgilor, iar adeseori complicații neașteptate pentru bolnav erau nelipsite în aceste cazuri. De astădată, cu noua tehnică, operația decurge în alte condiții.

Nu vezi bisturie, dălți, ferăstraie și celelalte instrumente obișnuite în asemenea operații. Medicul mînuiește un aparat special, care emite un fascicul de radiații provenite de la o sursă de cobalt^{60}. Puternicul fascicul de raze invizibile, denumit „bisturiul actinic", se îndreaptă cu precizie spre adîncul creierului, acolo unde este localizată tumoarea.

Bisturiul actinic înlătură tumoarea fără să se spargă oasele craniului, fără să producă răni, tăieturi și sîngerări și — ceea ce este mai important — fără ca pacientul să sufere.

Experiențele laboratorului de radiobiologie, mai sus-amintit, duc la concluzia că tratamentul prin „chirurgia actinică" a tumorilor creierului este pe deplin realizabil.

După cum se vede, lupta contra cancerului se desfășoară azi pe un front tot mai larg, în care printre armele cele mai eficace s-au dovedit a fi și izotopii radioactivi.

Tratamentul cu radioizotopi îmbogățește arsenalul terapeutic al cancerului, însă pînă acum nu putem afirma că putem vindeca cu ei cancerul în orice fază s-ar afla el.

Această problemă va putea fi definitiv rezolvată abia atunci cînd se va ști cu precizie care este cauza sa. Eforturile care se depun în lumea întreagă pentru a stăvili această boală vor fi fără îndoială încununate de succes.

IZOTOPII RADIOACTIVI ÎN TRATAMENTUL BOLILOR DE PIELE

Poate că unii dintre cititori ne vor întreba : în definitiv, de ce e nevoie să apelăm la mijloace atît de puternice ca izotopii radioactivi, pentru a trata niște simple boli de piele ?

E foarte probabil că cei care pun această întrebare n-au cunoscut niciodată una din acele boli de piele care, după cum se spune „se țin scai de om".

Sînt unele forme de eczeme, de pildă, pe care tratamentele medicale prescrise de cei mai buni specialiști nu izbutesc totuși să le înlăture. Ani întregi, mîncărimile chinuie pe bolnavi, care nu găsesc alinare în nici un fel de leac, alifie sau soluție.

Și nu numai de eczeme este vorba, cu toate că acestea ar fi de ajuns, dacă ne gîndim la faptul că sînt destul de răspîndite. Sînt și alte boli de piele care chinuiesc pe bolnavi, cu mîncărimi, usturimi, plăgi sîngerînde, ș.a.m.d.

În astfel de cazuri se utilizează de obicei raze roentgen, care distrug țesuturile bolnave de la suprafață. Însă în aceste cazuri noi avem nevoie de doze mici, „stimulatorii" ale refacerii țesutului.

De aceea, izotopii radioactivi reprezintă un pas important în tratarea multor boli de piele.

În acest scop, la Institutul central de radiologie și radioterapie al Ministerului Sănătății al Uniunii Sovietice s-a experimentat întrebuințarea radiațiilor beta emise de fosforul radioactiv în unele boli ale pielii.

Radiațiile beta sînt mai potrivite pentru asemenea tratamente, decît radiațiile gama sau roentgen. Într-adevăr, ele sînt absorbite în stratul superficial al tegumentelor și au o acțiune mult mai redusă asupra restului organismului și asupra stării generale. Pe lîngă aceasta, radiațiile beta emise de fosforul radioactiv se pot folosi și pentru tratarea bolilor de piele fără a fi nevoie de aparate speciale.

Experiența a arătat că în multe privințe izotopii radioactivi obținuți pe cale artificială sînt superiori celor naturali. Dintre izotopii radioactivi artificiali, fosforul radioactiv (^{32}P) capătă azi o întrebuințare din ce în ce mai largă.

Fosforul radioactiv emite radiații beta și are o perioadă de înjumătățire de 14,3 zile. Una din însușirile importante ale acestui izotop este că radiațiile sale nu pătrund prea adînc în țesuturi, ci numai în limite cuprinse între 4 și 7 mm. O mare parte din radiații sînt de altfel absorbite în stratul superficial al pielii (4—7 mm), ferind astfel țesuturile mai profunde de vătămare.

Aplicația locală a fosforului radioactiv s-a experimentat cu succes în multe institute. Ea a fost folosită mai ales în tratarea afecțiunilor inflamatorii, în special a celor purulente. Așa, de exemplu, au fost utilizate în tratamentul furunculilor, furunculilor antracoizi (furunculi întinși pe o suprafață mare), hidrosadenitelor (infecții cu puroi ale unor glande sudoripare). De asemenea, în cazul unor inflamații ale vaselor superficiale, ale unor noduli hemoroidali strangulați și inflamați etc.

La bolnavii care suferă de furunculi s-a observat că la numai 2—3 zile de tratament a dispărut complet umflătura, inflamația. Majoritatea bolnavilor s-au vindecat.

Furunculii antracoizi constituie de obicei o infecție destul de gravă, pentru care este nevoie să se facă o intervenție chirurgicală. La niciunul din bolnavii tratați cu fosfor radioactiv nu a fost nevoie să mai intervină bisturiul chirurgului. Vindecarea

se producea fără să rămînă cicatrice urîte care deformează suprafața pielii.

Medicii s-au gîndit să trateze cu ajutorul radiațiilor furnizate de izotopii radioactivi și alte boli în care se producea inflamația venelor superficiale și nodulilor hemoroidali strangulați și inflamați ; aceste boli sînt însoțite de obicei de mari suferințe. Bolnavul se plînge de dureri vii, care cu greu pot fi înlăturate prin tratamentele obișnuite. Nici intervenția chirurgului nu este indicată în perioada de inflamație. Ce-i rămîne altceva bolnavului de făcut decît să îndure durerea ?

Dar, izotopii radioactivi s-au dovedit a fi un excelent tratament pentru asemenea boli. Chiar a doua zi după iradierea cu fosfor radioactiv, durerile slăbesc considerabil, iar în a treia sau a patra zi de tratament ele dispar cu totul. Inflamația locală scade și ea. În cea de a cincea zi, bolnavul este vindecat și poate să-și reia lucrul.

Efecte asemănătoare au fost obținute la toți bolnavii supuși tratamentului cu fosfor radioactiv.

Pe cît de eficace este tratamentul pe atît de simplu se aplică el în practică. Într-adevăr, pe locul bolnav se fixează un „aplicator", adică o bucată de hîrtie de filtru sau de pînză rotundă, cu diametrul de 3—5 cm, după mărimea zonei bolnave. Aplicatorul este îmbibat cu o soluție apoasă de fosfat de sodiu în care fosforul este radioactiv.

Fosforul radioactiv a mai fost utilizat cu succes și în alte afecțiuni ale pielii ca : eczeme, lupus vulgar (o formă foarte frecventă de tuberculoză a pielii) etc.

În unele forme de eczeme, în psoriazis, neurodermite și alte boli de piele, izotopii radioactivi se întrebuințează adesea sub forma „mulajelor cu radiofosfor" despre care am pomenit mai înainte.

Savanta A. V. Kozlova a vorbit la ședința secției de biologie și medicină a Conferinței internaționale pentru folosirea pașnică a energiei atomice de la Geneva, despre rezultatele obținute în urma folosirii izotopilor radioactivi în bolile de piele. De pildă, pe un grup de 733 bolnavi, care sufereau de diferite boli de piele, s-au obținut în 60% din cazuri rezultate bune. În aceste cazuri, mîncărimile chinuitoare au dispărut foarte curînd, împreună cu alte tulburări. În 50% din cazuri, vindecarea s-a menținut în cursul a trei ani de observație.

În multe institute de cercetări științifice din întreaga lume izotopii radioactivi au început de altfel să fie întrebuințați foarte des la tratarea bolilor de piele.

În Institutul dermato-veneric din Bielorusia, unde tratamentul prin radioizotopi este folosit de cîțiva ani, s-au obținut rezultate bune în tratamentul psoriazisului. Psoriazisul este o boală de piele care nu se știe din ce cauză apare. Boala apare pe suprafața pielii, sub forma unor plăci acoperite cu cruste uscate, sidefii. De obicei, boala apare la tineri și durează foarte mult.

Sînt preparate speciale numite „aplicatoare", în care se întrebuințează ceriu radioactiv, care emite radiații beta. „Aplicatoarele" sînt folosite pentru tratamentul unor leziuni superficiale ale pielii, ca de pildă, anumite cazuri de „nevi" la copii. Nevii

sînt niște diformații limitate ale pielii, avînd aspectul unor pete, ridicături. Ei pot să apară de la naștere sau să se dezvolte la orice vîrstă.

Dar tratamentul bolilor de piele nu se face numai prin iradierea externă. Bolnavii iau izotopii și pe cale bucală. S-au obținut astfel rezultate în boli grave, ca granulomul eozinofil. Granuloamele eozinofile sînt niște mici tumori care se ivesc de obicei în jurul gurii, pleoapelor, a nărilor etc. În același timp, în sînge apare un număr mare de globule albe, făcînd parte din grupul globulelor albe eozinofile.

Cobaltul radioactiv a fost folosit cu rezultate foarte bune pentru tratamentul unor infecții care se întîlnesc foarte des ; așa e panarițiul (infecția degetelor), furunculoza (apariția de numeroase furuncule), carbuncul (furuncul antracoid, care este format din mai mulți furunculi), perionixisul (infecțiuni purulente în jurul unghiilor), flegmoane (infecții întinse în țesuturile de sub piele) etc.

TRATAMENTUL UNOR BOLI DE OCHI

Profesorul A. V. Kozlova, din Uniunea Sovietică, a folosit cu succes metoda aplicațiilor cu fosfor radioactiv în cazul unei tumori a scleroticei, adică a pieliței de culoare albă care învelește globul ochiului. Acest tratament s-a dovedit a fi foarte util în bolile straturilor superficiale ale ochiului. Aceasta se explică prin faptul că fosforul radioactiv

emite radiații beta care sînt absorbite în cea mai mare parte de țesuturile superficiale și nu vatămă straturile mai profunde ale ochilor. În asemenea cazuri, vechile tratamente cu radiații Roentgen sau cu radiu, deși erau eficace, aveau totuși multe neajunsuri, deoarece provocau leziuni ale cristalinului — lentila ochiului — și mai ales apariția cataractei (albeața ochiului).

Tratamentele cu fosfor radioactiv în bolile de ochi au fost aplicate în clinica condusă de academicianul V. P. Filatov, folosindu-se aplicarea specială, pentru ochi.

Rezultate bune s-au obținut în diferite afecțiuni inflamatorii ale ochiului și chiar în cheratite de natură tuberculoasă.

La majoritatea bolnavilor s-a observat o dispariție completă a durerii, înroșirii și umflăturii. Omul vede la fel de bine ca înainte de a se îmbolnăvi.

La unii oameni se observă o mică umflătură pe pleoapă. Uneori ea devine dureroasă și stînjenește vederea. În aceste cazuri, este necesară scoaterea ei printr-o intervenție chirurgicală. Aplicarea locală de fosfor radioactiv aduce vindecarea acestei afecțiuni numite „chalasion", cruțînd bolnavul de operație.

În sfîrșit, în diferite boli ale ochilor, medicii din S.U.A. folosesc „aplicatoare" cu raze beta, provenite de la izotopii radioactivi artificiali de ceriu radioactiv, obținînd rezultate foarte bune.

După cum se vede, domeniile medicinei în care izotopii radioactivi sînt folosiți pentru tratarea bolilor sînt numeroase. Firește, izotopii radioactivi nu

sînt „panacee". Astfel de leacuri universale, cum căutau să descopere vechii alchimiști, cu nădejdea că ele vor putea vindeca orice boală, nu există.

Utilizarea izotopilor radioactivi în medicină constituie un real progres, însă fără a rezolva cu succes toate problemele de terapie așa cum unii oameni au înțeles. În cancer — acolo unde toată lumea a sperat că vor aduce rezolvarea problemei — izotopii se folosesc numai în anumite cazuri în care într-adevăr ei sînt superiori metodelor clasice. Și în țara noastră aplicarea izotopilor în terapie se face în modul cel mai judicios, analizîndu-se fiecare caz în parte, în așa fel ca tratamentul să fie cu adevărat în folosul bolnavului.

IZOTOPII RADIOACTIVI ÎN AJUTORUL IGIENEI

IGIENA — ȘTIINȚA CARE AJUTĂ LA PRELUNGIREA VIEȚII

Omul este strîns legat de mediul în care trăiește. Viața nu ar fi cu putință fără oxigenul, apa și substanțele hrănitoare pe care organismul le primește din mediul înconjurător.

Dacă mediul înconjurător conține o serie de factori binefăcători, fără de care viața organismelor nu ar fi posibilă, el mai conține și factori dăunători organismului, cum ar fi microbii. Ei influențează în mod defavorabil activitatea normală a organismului. Microbii se găsesc în aerul pe care îl respirăm, în apa sau alimentele pe care le consumăm. De pildă, aerul, apa pot conține microbi capabili să producă boli grave, ca febra tifoidă, dizenteria și altele. Factorii dăunători sănătății se pot întîlni, dacă nu se iau măsuri de protecție a muncii, și în mediul în care omul își desfășoară munca.

Toți factorii vătămători din mediul înconjurător, dacă acționează asupra organismului un timp îndelungat și au destulă putere, pot să influențeze în rău sănătatea omului. Organismul are capacitatea de a se apăra împotriva lor, dar atunci cînd influența lor este mai puternică și depășește puterea sa de apărare, se ivește starea pe care o numim boală.

În unele cazuri, factorii dăunători din mediul înconjurător, acționînd asupra organismului, provoacă o îmbolnăvire bruscă. De pildă, pătrunderea în organism a unor microbi ca acei ai febrei tifoide va provoca în scurt timp o boală foarte gravă.

Bineînțeles că, în cazul cînd organismul dispune de o rezistență mai mare față de microbi, el îi va birui și boala nu se va mai produce.

Dar, de cele mai multe ori, factorii vătămători din mediul înconjurător acționează într-o măsură redusă un timp îndelungat asupra organismului. Influența lor repetată, prelungită asupra corpului nostru îl slăbesc, îi macină sănătatea și pot să-l ducă, în cele din urmă, la îmbolnăvire.

Oamenii de știință sovietici au demonstrat că, în mod normal, viața omului ar trebui să fie lungă. Starea de bătrînețe ar fi natural să apară tîrziu. Dacă lucrurile se petrec altfel, aceasta se datorează influenței pe care o exercită o altă serie de factori dăunători asupra organismului omului.

Știința care se ocupă cu studiul factorilor dăunători sănătății, studiind influența lor asupra organismului și măsurile care se pot lua pentru a înlătura sau micșora influența lor nefavorabilă, se numește igienă. Numele este foarte vechi și se trage din cuvîntul grec Hygeea — numele dat zeiței sănătății. Igiena studiază condițiile favorabile pentru păstrarea sănătății și ne învață cum să ne apărăm sănătatea și viața.

Igiena urmărește, așadar, ca să se creeze cele mai favorabile condiții pentru ocrotirea sănătății și

vieții omului, precum și pentru dezvoltarea la maximum a puterii sale de muncă.

Igiena are drept scop: „să dezvolte omul în modul cel mai ideal, să-i prelungească și să-i întărească viața, să-i îndepărteze moartea".

ATOMII MARCAȚI ÎN IGIENA MUNCII

E mult mai bine să împiedici apariția bolii, decît să te străduiești s-o vindeci, după ce ea s-a produs. Această orientare în medicină poartă denumirea de profilaxie. Ea este un principiu de bază al medicinii moderne.

Profilaxia are un important și vast domeniu de aplicare în igiena muncii. Se știe că, în diferite fabrici și uzine, se răspîndesc, în cursul procesului de fabricație, diferite substanțe chimice. După cum am arătat mai înainte, unele dintre ele pot să exercite o influență dăunătoare asupra organismului omului.

Este limpede că, pentru a stabili ce anume măsuri trebuie luate pentru a împiedica influența substanțelor dăunătoare, este foarte important să se cunoască modul în care ele acționează asupra organismului. De pildă, este necesar ca medicii să știe cu precizie care organe suferă de pe urma substanțelor dăunătoare, dacă ele fac rău rinichilor sau ficatului, dacă nu cumva se fixează în sistemul nervos și așa mai departe.

Pe de altă parte, este tot atît de important să cunoaștem prin ce căi pătrund substanțele vătămătoare în organism : prin piele, prin plămîni sau prin gură. De asemenea, o dată intrate în organism, ne interesează să cunoaștem unde se fixează și cum se elimină. În sfîrșit, are o deosebită însemnătate să se afle ce modificări se produc în organism în urma acțiunii diferitelor substanțe chimice.

Aplicarea cunoștințelor cu privire la energia atomică deschide și în acest domeniu perspective largi. Datorită noilor metode de cercetare, cunoștințele de pînă acum pot fi mult îmbogățite și astfel se vor putea lua măsuri din ce în ce mai eficace pentru apărarea muncitorilor.

Să dăm un exemplu.

Colaboratorii Institutului de igienă a muncii și bolilor profesionale de pe lîngă Academia de Științe medicale din U.R.S.S. au studiat influența hidrogenului sulfurat asupra organismului. Hidrogenul sulfurat este un gaz otrăvitor, cu miros caracteristic, care poate să ia naștere în cursul unor procese tehnologice.

Cu ajutorul atomilor marcați, s-a putut stabili locul unde se concentrează hidrogenul sulfurat în organism. Înainte, se credea că se fixează îndeosebi în creier. Cercetările întreprinse cu ajutorul atomilor marcați au dovedit însă că hidrogenul sulfurat se concentrează de preferință în rinichi, în ficat și în glandele suprarenale — glande cu secreție internă care au o importanță foarte mare pentru activitatea normală a organismului.

Cunoscîndu-se aceste fapte, s-a putut stabili mai precis care sînt măsurile ce trebuie luate pentru preîntîmpinarea și vindecarea îmbolnăvirilor cauzate de hidrogenul sulfurat.

LUPTA CONTRA PRAFULUI INDUSTRIAL

Praful se întîlnește pretutindeni... pe stradă, ba și în casă, unde se depune peste tot, dînd de lucru gospodinelor. Este de ajuns să privim într-o rază de soare, care străbate prin oblonul unei camere întunecoase, pentru a vedea plutind în aer nenumărate particele de praf.

Desigur însă că nici praful de pe stradă, nici cel din casă nu este deosebit de periculos și asta din cauza cantității sale reduse. În schimb, la unele locuri de muncă, praful se găsește în cantitate mare în aerul pe care-l respiră muncitorii. Astfel, de exemplu, îl putem întîlni în secțiile de sablaj ale uzinelor metalurgice. Aici, piesele metalice care au fost turnate în diferite forme sînt curățate cu ajutorul unui jet de nisip, împins cu putere de aerul comprimat asupra pieselor de metal. Nisipul foarte fin rămîne în aer prezentînd un pericol pentru muncitorii care îl respiră.

Un alt exemplu se întîlnește la lucrările miniere. Aci, este necesar să se străpungă mai multe găuri în peretele de stîncă, pentru a se introduce explozivul. În cursul perforării găurilor din mină cu apa-

rate pneumatice, se formează și se răspîndește în aer la locul de muncă o cantitate însemnată de praf.

Acționînd asupra organismului un timp îndelungat — ani și ani de zile — praful industrial, mai ales dacă conține mult bioxid de siliciu, poate să provoace îmbolnăviri grave.

Igiena muncii se ocupă, printre altele, și cu studiul acțiunii prafului asupra organismului și recomandă măsuri pentru apărarea muncitorilor. În cadrul studiului cu privire la acțiunea dăunătoare a prafului asupra organismului, este foarte important să se cunoască în ce măsură praful inhalat de muncitori odată cu aerul pe care-l aspiră este reținut în organism. Într-adevăr, cea mai mare parte din acest praf este îndepărtată cu aerul care este dat afară din plămîni. Rămîn totuși în plămîni particele de praf ? Dar cîte anume ? Unde se depun ele ? În ce porțiuni ale plămînului se adună, îndeosebi ?

Iată întrebări la care oamenii de știință vor putea răspunde cu mai multă precizie, folosind atomi marcați sub formă de pulberi, în experiențe pe animale. Unele experiențe de acest fel au și fost terminate, dînd rezultate foarte interesante și instructive.

Astfel, s-a luat un număr de animale de experiență, cărora li s-a dat să respire aer cu praf care conținea particule radioactive. Elementele trasoare conținute în praful experimental își marcau singure drumul și popasurile în organism.

Cu ajutorul unor contoare Geiger-Müller s-a putut stabili cu toată precizia ce cantitate din praful inhalat rămîne în plămîni și ce cantitate este eliminată odată cu aerul expirat. De asemenea,

s-au stabilit locurile unde se depune de predilecție praful inspirat.

Toate cunoștințele obținute au dat posibilitatea de a se elabora măsuri pentru apărarea sănătății celor ce muncesc într-o atmosferă încărcată cu praf.

Iată cum își dovedesc izotopii radioactivi utilitatea în cele mai variate domenii de activitate și cercetare științifică.

ÎN IGIENA ALIMENTARĂ

Energia atomică este folosită în scopul ocrotirii sănătății omului și sub alte forme. Se știe că păstrarea igienică a alimentelor împiedică apariția unor boli grave. Acest lucru nu e însă atît de ușor de înfăptuit. Într-adevăr, pretutindeni în jurul nostru există microbi. Aceștia pătrund în carne, în lapte, în fructe și le alterează repede.

Iradierea intensă a laptelui, fructelor și preparatelor curative biologice printr-un fascicul format din electroni pozitivi rapizi poate distruge microbii sau poate împiedica înmulțirea lor. Așa se procedează pentru a împiedica alterarea alimentelor și a medicamentelor.

În ultimul timp „sterilizarea rece" a alimentelor s-a bucurat de un deosebit interes. Despre ce este vorba ? Despre iradierea alimentelor cu radiații ionizante.

Acțiunea radiațiilor ionizante a început să fie studiată de multă vreme, iar efectul lor bactericid este cunoscut de la descoperirea razelor X. Totuși, problema utilizării practice a energiei radiante pentru conservarea alimentelor s-a pus îndeosebi în ultimii ani, o dată cu dezvoltarea cunoștințelor în legătură cu izotopii radioactivi.

Se cunoșteau și pînă în prezent diferite alte mijloace de conservare a alimentelor, cum ar fi : sterilizarea prin căldură, congelarea și deshidratarea alimentelor. Dar toate acestea prezentau și dezavantaje, ca de pildă, costul lor ridicat, modificarea gustului, scăderea valorii nutritive a alimentelor conservate etc.

Sterilizarea alimentelor cu ajutorul radiațiilor ionizante, „sterilizarea rece", prezintă numeroase avantaje. Astfel, costul lor este convenabil, alimentele se pot păstra și transporta cu ușurință. Pentru sterilizare se folosesc atît radiații beta cît și gama, acestea din urmă provenind de obicei de la cobalt radioactiv. În felul acesta, folosind doze destul de mici, se pot distruge larvele trichinei din carnea de porc, un parazit care provoacă îmbolnăviri grave. Tot cu ajutorul radiațiilor ionizante se pot distruge insectele dăunătoare ale cerealelor, se poate împiedica încolțirea cartofilor în timpul iernii și se mărește de 5 ori perioada în care se poate păstra carnea fără ca aceasta să se altereze.

În parte, aceste procedee au intrat de acum în practica curentă. Se mai fac, totuși, cercetări pentru perfecționarea metodei.

Știți cu toții, probabil, că un număr însemnat de boli contagioase sînt răspîndite de insecte. Cu ajutorul izotopilor radioactivi au progresat în măsură însemnată și cunoștințele noastre în legătură cu răspîndirea bolilor de către insecte.

Încă în 1949, Dale Jenkins din Washington a început să „pună semne", adică să marcheze unele din insectele care prezintă un deosebit interes pentru medici în această privință.

O să întrebați ce anume poate să-i intereseze atît de mult pe medici, în legătură cu insectele.

Pentru ca să se poată aplica cu succes metodele moderne de luptă contra insectelor ce pot răspîndi boli, este foarte necesar să se știe precis pînă unde pot să se deplaseze asemenea insecte, adică ceea ce specialiștii numesc „aria" lor de răspîndire. Aceasta e cu atît mai important cu cît D.D.T.-ul și alte insecticide noi trebuie folosite cu mare grijă, pentru că în fiecare an ele își pierd tot mai mult eficacitatea, insectele devenind rezistente față de acțiunea lor. De asemenea, în felul acesta este evident că se poate afla mai precis rolul insectelor în răspîndirea unei epidemii.

V-ați gîndit vreodată că țînțarii pot fi și ei... radioactivi ?

Nu vă speriați ! Nu este vorba de țînțari care ar putea în mod natural să răspîndească radiații radioactive. Nu. Țînțarii despre care vorbim au fost făcuți cu bună știință să devină radioactivi. Să vedeți cum.

Cercetătorii au luat ouă de ţînţari şi le-au pus să se dezvolte în băltoace sau într-o soluţie nutritivă preparată în laborator. Au cules apoi larvele şi le-au cufundat într-o soluţie nutritivă în care introduseseră o cantitate foarte mică de substanţe radioactive : fie fosfor, fie thoriu sau uraniu. Ce înţelegem prin „cantitate foarte mică" ? Soluţia era formată din o parte de substanţă radioactivă şi din aproximativ 50000 părţi apă !

Ţînţarii care s-au dezvoltat din larvele tratate în această soluţie au devenit radioactivi. În cazul în care ei cuprindeau izotopi radioactivi de fosfor, faptul că erau radioactivi putea fi uşor constatat cu un contor Geiger-Müller. Dar sensibilitatea acestei metode nu era prea ridicată — şi asta pentru că, dacă izotopii erau în cantitate prea mică, contorul nu îi mai punea în evidenţă.

De aceea, astăzi se preferă thoriul sau uraniul, care pătrund şi se stabilesc în anumite organe ale ţînţarilor.

Şi acum, să presupunem că în laboratorul care se ocupă cu „fabricarea ţînţarilor radioactivi", unul din ţînţarii păstraţi cu grijă în cuşti speciale a izbutit să evadeze. Iată-l acolo cum zbîrnîie cu nerușinare, bîzîie fără oprire şi încearcă, obraznic, să-l înţepe chiar pe tatăl său adoptiv, — doctorul care l-a crescut, de cînd era o biată larvă.

Aha ! l-a prins ! Dar... de unde ştie cercetătorul dacă acesta este ţînţarul evadat din laborator sau dacă nu cumva este un intrus, pătruns neinvitat în cameră ?

Iată cum. Ţînţarul este întins mai întîi pe masa

de operaţie. Apoi, privind printr-o lupă şi ajutîndu-se de nişte bisturie foarte fine, cercetătorul îl disecă, adică îl taie şi-i scoate organele interne.

Aceste organe sînt după aceea aplicate pe o placă de sticlă şi peste ele se toarnă o emulsie fotografică specială. După vreo 15 zile, se developează placa de sticlă. Pe placă apar clar — dacă ţînţarul conţine substanţa radioactivă — urmele lăsate de particulele alfa şi de alte radiaţii.

Procedeul poate fi simplificat şi mai mult. Ţînţarul prins este ars. Cenuşa obţinută se aplică pe o placă fotografică cu o emulsie specială („emulsie nucleară", cum se numeşte). Se lasă totul în nemişcare, timp de 30 de zile. După aceea, se developează şi se fixează pe placă. Clar, se văd numeroase urme lăsate de substanţele radioactive.

Foarte interesant, veţi spune, dar la ce servesc toate acestea ?

Mario Arago, de la Institutul de malariologie din Brazilia, şi colaboratorii săi arată că prin această metodă se poate afla cu mare precizie pînă la ce distanţă se răspîndesc ţînţarii care transmit frigurile (malaria). Cunoscînd aceste date, se poate organiza, într-un mod ştiinţific şi mai eficace, lupta pentru înlăturarea îmbolnăvirilor de malarie.

S-au făcut cercetări de acest fel şi în ceea ce priveşte musca de casă şi s-a constatat că o muscă poate călători de la 1,6 km la 13 km. Cîteva muşte străbătuseră chiar distanţa (uriaşă pentru ele), de 32 km.

Musca de casă poate răspîndi o serie de boli, cum ar fi febra tifoidă, dizenteria, poliomielita şi

altele. Deci cercetarea ariei sale de răspîndire are o însemnătate practică deosebită.

La fel s-au cercetat și alte insecte, ca muștele de carne, crisomiile, simulidele etc. S-a putut afla cît trăiesc aceste insecte, cîți urmași au și alte date prețioase pentru igienă și epidemiologie.

Într-un oraș din Crimeea s-au făcut cercetări pentru a se stabili rolul jucat în transmiterea bolilor de muștele de casă care se plimbă pe diferite gunoaie și apoi ajung în bucătării. Așa se poate lămuri cum iau naștere și se dezvoltă unele epidemii de dizenterie și de poliomielită (paralizie infantilă).

Transmiterea bolilor poate fi cercetată cu ajutorul radioizotopilor și în alt fel. Au fost marcați foarte mulți microbi : ai ciumei și ai tuberculozei (cu fosfor ^{32}P), ai dizenteriei, virusul gripei, tripanosoma care provoacă boala somnului, agentul care dă frigurile de baltă, diferiți viermi. S-a studiat cît timp trăiesc și cum se înmulțesc microbii care se aciuiesc pe muștele de casă. „Microbii radioactivi" nu se mai puteau ascunde ! Oricît de mici ar fi, oriunde s-ar ascunde, contoarele îi descoperă, îi numără și fac cu putință cercetarea lor.

RADIAȚIILE OMOARĂ MICROBII

Dar radiațiile emise de anumiți radioizotopi oferă și un mijloc foarte bun pentru a ucide insectele care transmit bolile, microbii și paraziții.

Experiențele efectuate în acest scop au arătat ce cantitate de radiații este necesară pentru a ucide insectele care transportă microbii sau strică alimentele. În această privință, s-au folosit ca izotopi radioactivi tantalul 182 și cobaltul 60. Chiar iradieri slabe sînt suficiente pentru a împiedica înmulțirea insectelor.

Mai mult chiar. Unele cercetări au arătat un fapt interesant care, firește, mai trebuie adîncit. Radiațiile pe care le emit radioizotopii pot ucide microbii chiar în corpul aceluia care-i poartă, în corpul bolnavului. De pildă, s-a observat că globulele roșii care au înglobat paraziții paludismului (friguri de baltă), absorb mult mai mult fosfor radioactiv decît globulele normale. Această cantitate mare de fosfor radioactiv emite radiații care ucid paraziții pătrunși în sînge.

Deocamdată, învățămintele trase din aceste experiențe nu se aplică încă în practică, dar ele deschid un teren nou de cercetări în medicină, lărgind perspectiva de dezvoltare în viitor a aplicării radiațiilor izotopilor în distrugerea microbilor și paraziților.

Cele de mai sus constituie doar cîteva exemple din felul în care izotopii radioactivi pot fi folosiți în domeniul igienii. Aceste date ne ajută să ne facem o idee despre numeroasele și variatele aplicări în scopuri pașnice ale energiei atomice.

IZOTOPII RADIOACTIVI VEGHEAZĂ

Așa cum am mai avut prilejul să vă arătăm, datorită multiplelor însușiri pe care le posedă, izotopii radioactivi pot să fie folosiți în domenii numeroase și foarte variate.

Vom urmări acum cîteva din posibilitățile de aplicare ale izotopilor radioactivi pentru realizarea unor măsuri de tehnica securității și protecția muncii. Dar, în primul rînd, să lămurim ce este protecția muncii și ce obiective principale urmărește ea.

Protecția muncii reprezintă un ansamblu de măsuri care au drept obiectiv principal reducerea continuă a numărului accidentelor de muncă și a îmbolnăvirilor profesionale, adică a îmbolnăvirilor provocate de factorii dăunători de la locul de muncă. Tehnica securității contribuie la rezolvarea problemelor de protecție a muncii și urmărește să creeze asemenea condiții de muncă, încît accidentele să devină, practic, imposibile.

Ea tinde la introducerea unei tehnici sigure care să înlăture posibilitatea accidentelor și îmbolnăvirilor în producție.

Desigur că numai în regimul socialist, în Uniunea Sovietică și în țările de democrație populară, grija

pentru sănătatea oamenilor muncii face să se dea atîta atenție condițiilor de muncă și prevenirii accidentelor.

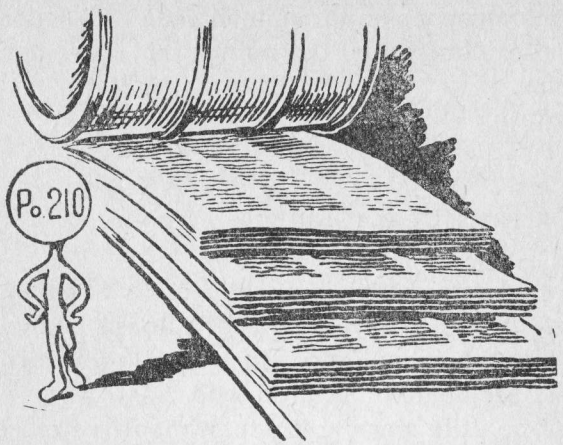
UN AJUTOR PREȚIOS : POLONIU 210

Substanțele radioactive s-au dovedit a avea un rol important în organizarea nepericuloasă a unei serii de procese tehnologice, în scopul prevenirii avariilor și accidentelor în producție.

Deosebit de utile sînt ele în lupta împotriva electricității statice. Datorită diferenței de potențial foarte ridicată, acumularea electricității statice poate avea urmări dintre cele mai grave. Numeroase incendii și explozii au fost provocate de acest fenomen care poate fi întîlnit în diferite ramuri de producție. Astfel se citează cazuri în industria chimică, morărit, textile, celuloze, cauciuc, pelicule cinematografice, lacuri etc.

Prezența electricității statice constituie foarte adeseori cauza incendiilor și exploziilor.

De asemenea, electricitatea statică împiedică ridicarea productivității muncii, deoarece sporirea turațiilor mașinilor face să crească sarcina electrică. Aceasta influențează în rău și calitatea producției. Care sînt mijloacele de care dispune pînă în prezent tehnica modernă spre a combate electricitatea statică ? Puține și insuficiente : legarea la pămînt a mașinilor și umezirea.



Poloniul 210 veghează la securitatea muncii

De aceea colectivul catedrei de tehnica securității de la Institutul construcției de mașini din Moscova și-a pus problema de a găsi noi mijloace, mai perfecționate și mai sigure, pentru a combate acest fenomen și urmările sale periculoase. Colectivul institutului a elaborat o metodă pentru înlăturarea electricității statice, bazată pe proprietatea unei substanțe radioactive, de a emite particule alfa. Prezența particulelor alfa în zona de formare a sarcinilor electrice prin frecarea diferitelor suprafețe are drept urmare ionizarea aerului și neutralizarea electricității statice. Practic, acest lucru s-a realizat cu ajutorul unor plăcuțe, montate în zona respectivă. Plăcuțele aveau pe suprafața lor un strat subțire de substanță radioactivă și anume — poloniu 210. Particulele alfa emise de poloniu 210 au provocat efectele favorabile descrise mai sus.

În felul acesta s-a putut înlătura pericolul de accident sau explozie. Prezența plăcuțelor protectoare a permis creșterea importantă a productivității utilajului, căruia i s-a putut da turația maximă și a dus totodată la o îmbunătățire a calității producției.

Procedeul nu a fost limitat numai la încercări de laborator ci a fost aplicat cu deplin succes în condiții de producție. Astfel, aplicarea sa în unele uzine chimice și în tipografii a condus la înlăturarea cu desăvîrșire a cauzelor de explozie. La întreprinderea nr. 38 din Cazan, unde se fabrică peliculă cinematografică, grație introducerii plăcuțelor cu poloniu 210, s-au lichidat complet rebuturile care rezultau de pe urma aprinderii peliculei cinematografice. Cu același succes s-a aplicat procedeul la operațiile de copiere a filmelor. Plăcuțele cu poloniu 210 pot avea diferite forme. O tijă lungă montată în apropierea fusurilor de la mașina de filat, sau plăcuțe subțiri așezate alături de sulurile de hîrtie din tipografii etc.

Iată cît de bine a slujit o substanță radioactivă, atît la îmbunătățirea producției, cît și în ceea ce privește protecția muncitorilor din sectoarele de producție respective.

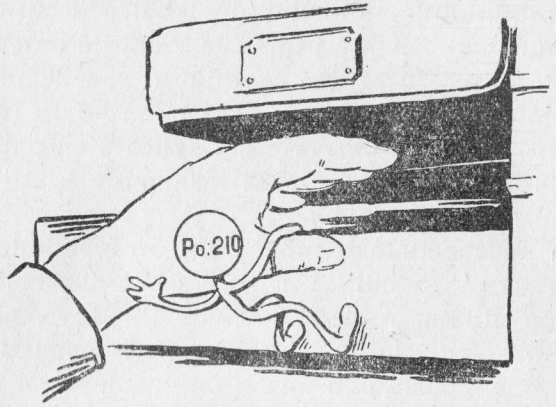
Dar poloniul 210 s-a dovedit a fi util și în rezolvarea altor probleme de protecție a muncii. Astfel, prin ionizarea aerului, ionizare produsă de particulele alfa, emise de poloniu 210, s-a izbutit să se curețe aerul de particulele de praf. Despre importanța prafului din punct de vedere igienic și al pericolului de a provoca incendii și explozii, am

mai vorbit, la capitolul care se ocupă de izotopii radioactivi și în ajutorul igienei.

Este binecunoscut faptul că, asigurînd în încăperile de lucru un aer curat, lipsit de gaze sau praf, avînd o temperatură și umiditate favorabile, se realizează una din cele mai importante condiții de igienă. În acest scop, aerul proaspăt care se introduce prin instalațiile de ventilație, trebuie să fie încălzit în timpul iernii. Dacă aerul rece s-ar introduce direct fără a-l încălzi mai înainte, s-ar produce curenți reci în încăperea de lucru. Aceasta poate favoriza diferite îmbolnăviri ca stări gripale, nevralgii etc. Dar încălzirea aerului necesită uneori instalații costisitoare și cheltuială de combustibil. Pe de altă parte, aerul extras prin ventilație din hala de lucru și aruncat afară este aer cald. El nu poate să fie însă folosit din nou deoarece este încărcat cu praf. În acest fel se irosește zadarnic cantitatea de căldură pe care o conține. Dacă ar putea fi curățat de particulele de praf el ar putea să fie introdus din nou în încăpere amestecîndu-l cu o cantitate de aer proaspăt pe care l-ar încălzi. În felul acesta s-ar putea realiza economii însemnate, asigurînd în același timp aer bun și sănătos pentru muncitorii care lucrează în acea încăpere.

Dar cum să cureți aerul într-atît încît el să fie complet lipsit de praf și să-și recapete proprietățile pe care le-a avut la început? Mijloacele actuale ca cicloane [1], diferite tipuri de filtre, chiar filtrele electrice, nu au întotdeauna asemenea eficacitate

[1] Cicloane — instalații speciale cu ajutorul cărora se purifică aerul.



Dispozitivul de tehnica securității cu poloniu 210 înlătură accidentele la prese, calandre, valțuri etc.

ridicată. Cercetătorii sovietici au izbutit să rezolve cu succes această dificilă problemă, cu ajutorul aceleiași substanțe radioactive (poloniu 210), pe care am cunoscut-o într-o altă utilizare importantă. Particulele alfa pe care le emite ionizează aerul încărcat cu particule de praf. Grație acestui proces, aerul este debarasat de particulele de praf. El redevine un aer curat, respirabil și poate fi reintrodus în încăperea de lucru.

Poloniul 210 a mai fost utilizat și în alt mod în domeniul tehnicii securității. Și anume, el a fost folosit ca un mijloc pentru a opri în mod automat diferite instalații industriale ca valțuri, calandre, prese și altele, în cazul cînd mîna omului pătrunde în zona periculoasă. Trebuie să știți că asemenea tipuri de instalații au cauzat numeroase accidente în producție. Omul lucrează grăbit, uită o clipă de

prescripţiile normelor de tehnica securităţii. Este suficient. Mîna e prinsă de valţurile puternice care se mişcă încet dar necruţător, sau de presa care coboară rapid. Într-o clipă mîna aflată întîmplător în zona periculoasă va fi apucată cu putere, zdrobită. Va deveni o masă însîngerîndă, strivită, care atîrnă fără viaţă...

Incapacitate de muncă. Uneori invaliditate pentru tot restul vieţii. Şi acum, un mic dispozitiv montat pe utilajul respectiv. Poloniul 210 veghează cu străşnicie. Într-o clipă a oprit instalaţia. Cum? Mîna, constituind un fel de ecran, întrerupe fluxul radiaţiilor emise de poloniu. Graţie unui dispozitiv automat acţionat de aceste radiaţii, maşina se opreşte imediat. Accidentul a fost evitat şi omului i-au fost cruţate atîtea suferinţe. Braţul i-a rămas teafăr şi puternic. Cu el va putea munci mereu, va produce numeroase bunuri.

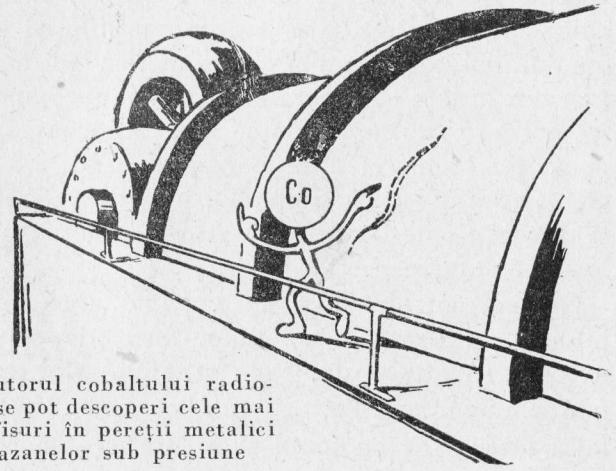
Iată ce servicii importante ne poate aduce poloniul 210!

UN DETECTIV CU PRIVIREA AGERĂ

Iată un cazan în care iau naştere vaporii care pun în mişcare şi mînă fără întrerupere neobositele maşini. Mecanicul şi ajutoarele sale îl îngrijesc cu dragoste. Vaporii ce iau naştere în cazan le asigură forţa motrice care dă viaţă maşinilor din întreaga fabrică. Cazanul e bun. A fost revizuit şi reparat

de curînd. Ei ştiu că se pot bizui pe dînsul. Supapele de siguranţă sînt în bună ordine. Linia roşie de pe manometrul de presiune indică limita pînă la care se poate ridica, fără nici un pericol, presiunea în cazan. Presiunea este sub limită. Ea se mai poate mări încă. Nu e nici un pericol. Deci, înainte, daţi combustibil fără grijă!

Dar în cămaşa metalică a cazanului s-a ivit o mică crăpătură. E atît de mică şi neînsemnată, încît nici nu a fost observată atunci cînd s-a făcut revizia şi repararea cazanului. Asupra ei împinge aburul cu o forţă nestăvilită. Treptat, fisura se măreşte. În curînd, deşi presiunea în cazan este sub limita maximă admisă, aceasta nu va mai putea rezista presiunii tot mai puternice a vaporilor. Şi atunci... Ei da, ne putem da lesne seama ce se va întîmpla cînd aburul îl va sfărîma în bucăţi de schije ucigătoare, cînd aburii vor ţîşni ca o forţă



Cu ajutorul cobaltului radioactiv se pot descoperi cele mai mici fisuri în pereţii metalici ai cazanelor sub presiune

oarbă, neîmblînzită. Va arăta ce poate atunci cînd scapă de sub voința omului care a știut să-l supună, să-l pună să muncească pentru el. Explozia năpraznică va zgudui din temelii clădirea uzinei. Totul în jur va fi făcut țăndări. Oamenii care supravegheau cazanul vor fi sfîrtecați de bucățile de metal proiectate de explozia cazanului. Cîntecul vesel al mașinilor va amuți. După înfiorătoarea explozie se va așterne o liniște grea peste întreaga uzină. Se pare că explozia este de neînlăturat. Dar... inspectorul de cazane a adus cu sine un ajutor destoinic. Este vorba de o veche cunoștință : izotopul radioactiv de cobalt. Este conținut într-o mică fiolă. Datorită radiațiilor gama, el descoperă într-o clipă micul defect al cazanului. Îi arată cu precizie locul, dimensiunile, direcția micii fisuri. Cazanul este oprit, răcit, demontat și reparat. Explozia nu s-a mai produs. Aburul nu a mai putut scăpa din cingătoarea de oțel. Forța lui sălbatică, ucigătoare, a intrat definitiv sub controlul și voința omului. Puterea acestuia crește mereu. Tot mai puține din forțele sale pot să se dezlănțuie împotriva sa, pot să-i înfrîngă voința, să-l nimicească. Cunoașterea atomului și mijloacele de folosire a energiei acestuia i-a asigurat încă un prieten puternic și devotat, care-l ajută, îi mărește puterea asupra forțelor naturii.

Noi am dat aici doar un exemplu. Dar posibilitățile de utilizare a cobaltului respectiv pentru a descoperi uzura și defectele utilajului sînt de fapt foarte numeroase. Grație lui omul poate folosi utilajul fără grijă, cu toată siguranța. Nu se pot ivi

surprize neplăcute. Totul a fost controlat, cu toată precizia. Omul se poate avînta cu tot elanul în întrecerea socialistă. Mașina poate fi folosită la maximum. Să dăm patriei cît mai multe bunuri ! Viața va deveni mai bună, mai ușoară, mai îmbelșugată și mai frumoasă.

ATENȚIE, GAZE OTRĂVITOARE !

În cursul unor procese tehnologice se pot răspîndi în aerul atmosferic al încăperilor industriale diferite substanțe toxice. Acestea pot să existe sub formă de vapori, praf sau gaze toxice. Prezența lor fiind legată de procesele industriale, aceste substanțe au fost denumite „toxice industriale".

Dar ne putem întreba : ce caută substanțele toxice în încăperile de muncă, cum ajung ele să se răspîndească în aerul pe care îl respiră muncitorii la locul de muncă ? Și apoi, ce înseamnă un toxic ? Ce acțiune poate să aibă asupra organismului omenesc ? Și, în sfîrșit, cum ajung să pătrundă substanțele toxice în organismul muncitorilor ?

Să le lămurim pe rînd. În primul rînd, ce înțelegem prin substanțe toxice ? O substanță toxică se caracterizează prin aceea că, pătrunzînd în organism, ea acționează asupra diferitelor organe, provocînd o tulburare mai mult sau mai puțin intensă în funcționarea acestora. Uneori, acțiunea toxicului e atît de puternică încît provoacă distrugerea celulelor și țesuturilor din organele în care

s-a depus. Substanțele toxice, a căror prezență este legată de procesele producției industriale, se numesc toxice industriale.

Ele pot fi întîlnite în condiții diferite. Astfel, toxicul poate să constituie materia primă. De pildă, plumbul la fabricarea acumulatorilor, a vopselelor pe bază de plumb, a aliajelor pentru turnarea literelor de tipografie etc. Sau un alt exemplu — mercurul la fabricarea unor aparate de laborator etc.

Alteori, toxicul poate fi întîlnit sub formă de materiale auxiliare (de exemplu benzolul în industria cauciucului) sau ca substanțe intermediare ce apar în cursul diferitelor procese de producție (de pildă, la fabricarea acidului sulfuric, se arde pirita în cuptoare speciale, din care se degajă vapori de bioxid de sulf, care sînt vătămători pentru om.)

În unele ramuri de producție, însăși produsul finit are proprietăți toxice cum este cazul în numeroase sectoare din industria chimică. În fine, mai amintim prezența posibilă a toxicului industrial, sub formă de produs colateral sau pur și simplu de deșeu. Acesta este cazul oxidului de carbon, care se răspîndește în aer, atunci cînd se petrec arderi incomplete din cauza defectelor instalației respective.

Și acum, mai departe. Ce se întîmplă cu toxicele industriale? Cum pătrund ele în organismul omului? Acestea pot să pătrundă în organism pe cale digestivă, adică o dată cu alimentele sau lichidele introduse în corp, sau cu saliva înghițită. O altă cale de pătrundere în corp, o reprezintă pielea.

Orice mică zgîrietură a pielii poate constitui o poartă de intrare pentru substanțele toxice. Prin pielea normală nu pot însă pătrunde decît anumite substanțe, și anume acelea care dizolvînd stratul protector de la suprafața pielii, înfrîng și depășesc această barieră protectoare a organismului.

Pătrunderea toxicelor în organism prin aceste căi poate să fie prevenită cu destulă ușurință. Măsurile de igienă și echipamentul de protecție ne poate apăra destul de bine.

Există însă și o a treia cale de pătrundere a toxicelor în organism. Este vorba de calea respiratorie, adică pătrunderea toxicelor prin plămîni, o dată cu aerul pe care îl respirăm. Aceasta este calea prin care pătrund în corp cele mai multe dintre toxicele industriale. Totodată, este și calea cea mai periculoasă.

Desigur că așa cum pătrunde oxigenul din aer în sînge, prin plămîni, tot așa pot să pătrundă și substanțele toxice aflate sub formă de gaze în aerul respirat. De bună seamă că pe suprafața mare de absorbție a plămînului vor pătrunde însemnate cantități de gaze toxice.

Pătrunderea acestora direct în sînge poate să devină foarte periculoasă pentru om. De aceea, se iau măsuri speciale de protecția muncii în secțiile unde se pot ivi și răspîndi asemenea substanțe toxice.

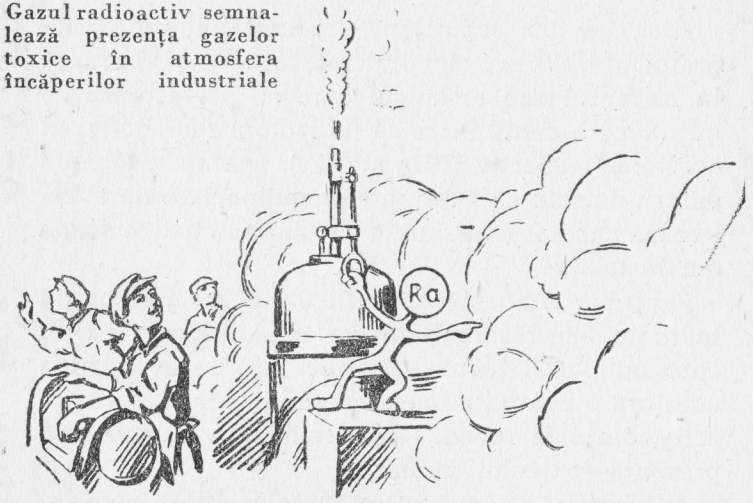
În primul rînd, trebuie să știți că există norme sanitare care stabilesc concentrațiile maxime admise pentru diferite gaze toxice. Pe baza a numeroase experiențe și observații s-au putut stabili

care sînt dozele din aceste substanţe ce pot pătrunde în organism, fără a prezenta nici un pericol.

Dar, desigur că nu e suficient să ştim care e limita admisă pentru concentraţia substanţelor toxice la locul de muncă. Mai sînt necesare mijloace tehnice care să împiedice răspîndirea în cantităţi mai mari ale substanţelor toxice din aerul atelierelor şi secţiilor.

Asemenea mijloace există. Ele sînt astăzi mult utilizate în întreprinderile din ţara noastră. Procesele de producţie în care s-ar putea ivi substanţe toxice sînt mecanizate. Omul nu mai manipulează manual materialele toxice. Totul se petrece pe cale mecanică şi automată, în instalaţii speciale, ermetic închise. În felul acesta, omul este ferit de acţiunea vătămătoare a toxicelor. Dar instalaţia se poate defecta, pot să apară fisuri iar etanşeitatea instalaţiei să nu mai fie asigurată datorită unui fapt simplu şi uşor de remediat. De pildă, o garnitură stricată, ce poate fi înlocuită cu uşurinţă.

Unele gaze sau vapori toxici, datorită mirosului sau culorii lor caracteristice, îşi trădează uşor prezenţa. Prin aceste proprietăţi, omul este imediat avertizat de prezenţa lor în aerul încăperii de lucru. Se pot lua măsuri imediate. Alte gaze sau vapori toxici însă nu posedă nici culoare, nici miros caracteristic. Ele se pot acumula în concentraţii periculoase pentru om, fără ca el să-şi dea seama. Lucrătorul inhalează fără să ştie vaporii toxici. Ce s-ar putea face pentru a preveni un asemenea pericol? Există soluţii mai vechi. Destul de simple, de altfel. Se iau probe din aerul încăperii de lucru şi se anali-



Gazul radioactiv semnalează prezenţa gazelor toxice în atmosfera încăperilor industriale

zează în laborator. Astfel se stabileşte cu precizie cantitatea substanţelor toxice pe care o conţine fiecare litru de aer. Dar se pot face oare asemenea analize suficient de des pentru a putea descoperi la timp orice defectare a instalaţiei? Fără îndoială că aşa ceva ar fi greu de realizat în practică. Pentru a simplifica şi uşura rezolvarea problemei s-au construit dispozitive automate care semnalizează apariţia substanţelor toxice. Ele avertizează prin semnale luminoase sau sonore asupra pericolului. Pentru unele substanţe problema a fost rezolvată cu deplin succes, pe această cale.

Dar au mai rămas unele substanţe care nu pot fi semnalizate prin aceleaşi mijloace comode şi rapide. Astfel sînt mercurul — sub formă de vapori — şi arsenicul cu compuşii săi. Aceste substanţe sînt foarte otrăvitoare, chiar în cantitate redusă.

Aici, tehnica securității a primit un ajutor nepreţuit din partea atomilor marcaţi. De pildă, dacă în mercurul sau arsenicul care se prelucrează se introduce o cantitate mică de izotopi radioactivi ai acestora (respectiv ^{203}Hg şi ^{76}As), aparatele folosite pentru detectarea substanţelor radioactive ne avertizează imediat atunci cînd substanţele toxice scapă din instalaţie.

Pentru a cunoaşte dacă în aerul încăperilor de lucru nu s-au răspîndit cumva alte substanţe toxice, care nu pot fi făcute radioactive, li se adaugă acestora o cantitate foarte mică dintr-un gaz radioactiv, de pildă radon. Gazul radioactiv semnalează prezenţa toxicului în aer.

Aplicaţii ale radioactivităţii în legătură cu protecţia muncii şi tehnica securităţii s-au mai făcut şi pentru rezolvarea altor probleme. De exemplu, la producerea plexiglasului se utilizează peroxidul de benzoil, care serveşte drept catalizator. Peroxidul de benzoil explodează foarte uşor. Dacă se introduce în procesul de fabricaţie o cantitate neînsemnată de cobalt radioactiv, razele gama emise de el fac ca acest proces să nu mai fie periculos.

De asemenea, în producerea diferitelor substanţe plastice, a căror prelucrare se face la presiuni şi temperaturi foarte ridicate, s-au folosit cu deplin succes diferite elemente radioactive, care au înlăturat pericolele pe care le prezentau procesele respective de producţie.

Iată, deci, cît de mari servicii pot aduce atomii marcaţi pentru realizarea protecţiei muncii şi tehnicii securităţii.

Din datele de mai sus, rezultă limpede că progresul tehnic deserveşte îmbunătăţirea necontenită a condiţiilor de muncă. Tehnica securităţii se foloseşte de cele mai noi cuceriri ale ştiinţei, pentru a crea condiţii sigure şi sănătoase pentru cei ce muncesc.

DUȘMAN SAU PRIETEN

Energia atomică — sau, mai bine zis, descoperirea căilor și mijloacelor pentru folosirea acesteia — constituie, fără îndoială, cea mai importantă descoperire a secolului al XX-lea.

Această măreață cucerire a minții omenești, smulgînd naturii una din cele mai adînci taine — energia cuprinsă în nucleul atomic — oferă omenirii o armă de o forță uriașă. Dar aceasta poate să fie folosită în două moduri cu totul diferite. Utilizarea ei în scopuri pașnice, și în parte am văzut, va contribui la o dezvoltare nemaiîntîlnită a științei și tehnicii, va mări puterea omului asupra naturii, va ajuta oamenilor să trăiască mai bine și mai ușor ! Dimpotrivă, utilizarea sa în scopuri războinice și agresive poate atrage cele mai cumplite și mai năpraznice nenorociri asupra omenirii.

Asupra acestei primejdii au atras atenția, în modul cel mai hotărît, savanții din toate țările. Marele savant francez Joliot-Curie a arătat că folosirea bombei atomice într-un eventual război poate să ducă la distrugerea însăși a vieții pe întreg globul pămîntesc. Chiar experiențele cu arme atomice, care în ultimul timp s-au intensificat, periclitează viața pe pămînt.

„Prea mulți oameni rămîn nepăsători" spune Frédéric Joliot-Curie în mesajul său din aprilie 1957, „deoarece cred că se află la adăpost de urmările exploziilor, prin faptul că locuiesc departe de regiunile unde au loc aceste experiențe. Credeți-mă însă, ei se înșeală.

Radiostronțiul, produs de exploziile bombelor atomice și cu hidrogen, și care durează în medie circa treizeci de ani, este purtat în straturile superioare ale atmosferei care se învîrtesc în jurul pămîntului. El recade în mod continuu și încet pe sol o dată cu praful și ploaia și se depune pe vegetație. Căderea radiostronțiului provenit din exploziile nucleare anterioare nu s-a terminat încă și ea va mai dura mulți ani de aici înainte. Oamenii și animalele domestice consumă vegetale și organismul lor va absorbi radiostronțiul, care e vătămător prin radiațiile sale.

...chiar în timp de pace, pericolul există..."

Pentru încetarea experiențelor atomice s-a ridicat glasul unor savanți eminenți ca doctorul Pauling, Otto Hahn, Lord Bertrand Russel, doctorul Schweitzer, laureați ai Premiului Nobel, și mulți alți savanți, care au avertizat lumea asupra primejdiilor care decurg din continuarea acestor experiențe.

Pronunțîndu-se cu hotărîre pentru interzicerea armelor atomice și cu hidrogen, Uniunea Sovietică a renunțat în mod unilateral la experiențele cu arme atomice dovedind în felul acesta că este o luptătoare neobosită pentru utilizarea energiei nucleare exclusiv în scopuri pașnice și constructive. Uniunii Sovietice îi revine meritul și cinstea de a fi

construit prima centrală electrică și primul spărgător de gheață pe baza energiei atomice. Directivele Congresului al XX-lea al P.C.U.S. prevăd ca în cursul celui de al 6-lea cincinal să se construiască noi centrale atomo-electrice cu o putere totală de 2—2,5 milioane kilovați. Astfel, energia atomică va deveni un puternic mijloc de dezvoltare a economiei, înlesnind ca imensele surse naturale să fie puse în slujba vieții și a omului.

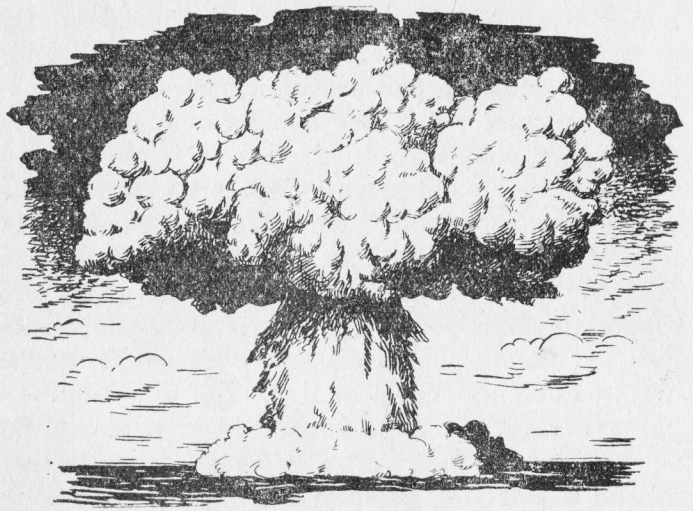
Folosirea energiei atomice în domeniul sănătății publice este foarte răspîndită în Uniunea Sovietică. Aici există 160 de spitale oncologice pentru bolnavii de cancer, precum și numeroase alte instituții sanitare înzestrate cu garnituri complete de preparate cu cobalt radioactiv.

Numeroasele și variatele posibilități de folosire a energiei atomice în scopuri pașnice deschid omenirii perspective largi și luminoase.

Această largă rețea de instituții sanitare care folosesc radioactivitatea oferă mari posibilități cetățenilor sovietici pentru a beneficia de cele mai moderne mijloace pentru tratarea unor boli.

Dar uriașa energie pe care o conține atomul poate fi întrebuințată și într-un alt mod : împotriva omenirii și nu în folosul ei.

Năpraznicele explozii ale bombelor aruncate în zilele de 6 și 9 august 1945 în orașele japoneze Hiroșima și Nagasaki, care au anunțat oamenirii începutul erei atomice, constituie un avertisment cumplit. Orice om cinstit și cu mintea întreagă se opune cu tărie împotriva eventualei folosiri a armei atomice.



Aspectul exploziei bombei atomice

Poporul japonez, atît de greu încercat, se străduiește să arate omenirii întregi că trebuie dusă o luptă hotărîtă pentru interzicerea folosirii energiei atomice în scopuri de distrugere. Oamenii de știință japonezi au adunat un bogat material documentar în legătură cu efectele exploziilor atomice. Ei și-au propus ca sarcină să atragă atenția întregii omeniri asupra groaznicelor urmări ale armei atomice. „Fie ca nenorocirea poporului japonez să servească drept avertisment pentru popoarele din toate țările. Cînd toți oamenii vor afla ce aduce războiul atomic, nu se vor găsi popoare care să nu ceară interzicerea acestei arme îngrozitoare" au spus medicii și oamenii de știință japonezi.

În anul 1955, între 28 mai și 10 iunie, la Tokio, s-a ținut prima conferință internațională de pato-

logie atomică asupra organismului omenesc. Un grup de savanți japonezi au expus observațiile lor asupra efectelor produse asupra oamenilor, animalelor și plantelor de către exploziile atomice de la Hiroșima și Nagasaki.

Conferința și-a desfășurat lucrările în orașele Tokio, Osaka, Kioto, Hiroșima și Nagasaki. În felul acesta, delegațiile statelor invitate la această conferință au avut posibilitatea nu numai să asculte rapoartele bine documentate ale savanților japonezi dar să și vadă locurile care au suferit de pe urma exploziilor. Ei au avut prilejul să examineze bolnavi care nici după 10 ani de la explozie nu se vindecaseră. Este vorba de oameni care în momentul exploziei se aflau la distanțe de cîțiva kilometri de locul exploziei. Dar aceștia fac parte dintre puținii supraviețuitori. Efectele imediate ale exploziilor au fost de asemenea expuse în mod amănunțit.

Exploziile care au avut loc la 500—600 m deasupra orașelor au provocat distrugeri masive. Puține clădiri au rezistat presiunii uriașe de 5—10 tone pe fiecare metru pătrat, cauzată de explozia atomică.

În momentul exploziei, temperatura la nivelul solului a atins 6000 de grade. E lesne de imaginat rezultatul ! Incendiile au izbucnit cu furie, mistuind rapid străzile orașului.

La o temperatură atît de ridicată, nisipul de pe pămînt s-a topit, la fel țiglele, sticla și metalele. Toate materialele combustibile și tot ce era viu s-a carbonizat într-o fracțiune de secundă. În muzeul din Hiroșima se pot vedea cărămizi, olane, obiecte

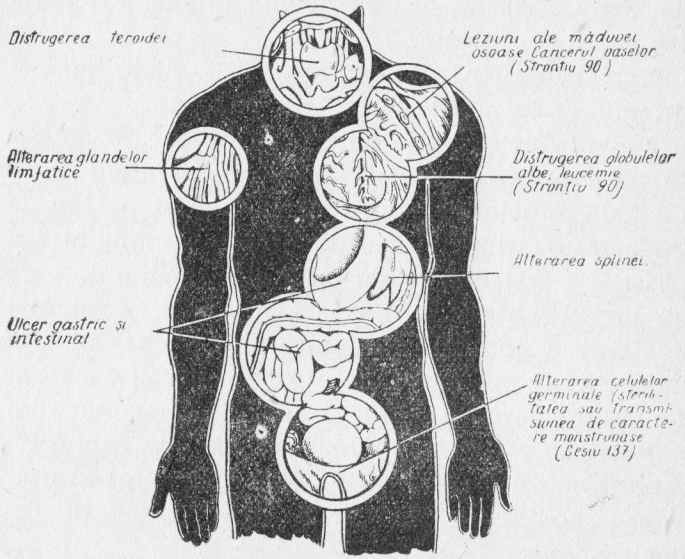
de sticlă, care au fost realmente topite la această temperatură ridicată.

Numai în momentul exploziei și în zilele imediat următoare au murit 300 000 de persoane.

Radiația penetrantă, adică radiațiile care au acționat asupra oamenilor și animalelor aflați la o distanță suficientă pentru a nu fi uciși pe loc de temperatura ridicată sau de presiunea suflului exploziei, a fost extrem de puternică. Radiațiile care au luat naștere în urma dezagregării substanței nucleare a bombei erau alcătuite îndeosebi din neutroni și raze gama, de o mare intensitate. Doza radiațiilor care au acționat asupra oamenilor depășea 1000 r (în apropierea centrului de explozie). Această doză foarte ridicată este în măsură să provoace modificări importante, catastrofale în organism.

Savanții japonezi au descris în mod amănunțit tulburările observate la cei care au supraviețuit exploziei. Îmbolnăvirea produsă de radiații era cu atît mai gravă cu cît omul se găsea mai aproape de locul exploziei. S-au semnalat cazuri mortale datorită efectului radiațiilor, chiar printre cei care veniseră în oraș ca să dea ajutor la o săptămînă după explozie.

Majoritatea oamenilor care se găseau la o distanță de pînă la un kilometru de locul exploziei au murit imediat sau în primele zile și săptămîni după explozie. Persoanele care se aflau la o distanță mai mare — 1,5 pînă la 2 kilometri — prezentau nu numai leziuni provocate de radiații dar și



Acțiunea radiațiilor radioactive asupra organismului uman

arsuri și plăgi, provenite cele mai adeseori de la geamurile ferestrelor sparte de suflul exploziei.

Cum se manifestă boala provocată de acțiunea radiațiilor, denumită boală actinică ? Gravitatea sa depinde în mare măsură de doza de radiații care au acționat asupra organismului. Semnele prin care se manifestă în primele zile boala actinică sînt : tulburări ale aparatului digestiv ca vărsături, diaree etc ; dureri de cap însoțite uneori de pierderea cunoștinței și tulburări grave ale inimii. După cîteva zile intervenea o îmbunătățire aparentă și trecătoare a stării victimei. Dar după alte cîteva zile, pînă la 2—3 săptămîni, această îmbunătățire

în starea omului atins de boala actinică dispărea, făcînd loc unei agravări bruște a stării generale a acestuia. Temperatura se ridica la 40 de grade ; în gură și în gît apăreau ulcerații dureroase ; uneori acestea se iveau pe întreg tubul digestiv, adică și în stomac și intestine. Vasele de sînge prezentau de asemenea leziuni destul de grave. Datorită acestor leziuni ale vaselor precum și din cauza modificărilor care interveneau în compoziția sîngelui, apăreau hemoragii, adică sîngerări ale gingiilor, ale gurii, ale suprafeței corpului și uneori hemoragii ale unor organe interne. La cîteva săptămîni de la începutul bolii actinice începea căderea părului. Cei atinși de această boală, și care nu au pierit în primele zile sau săptămîni, rămîneau timp de vreo doi ani bolnavi, supuși unor dureri și chinuri îngrozitoare. Dar chiar la unii dintre acei care nu prezentau la început nici un semn aparent de boală s-au ivit mai tîrziu diferite tulburări. De multe ori, îmbolnăvirile se manifestau foarte tîrziu.

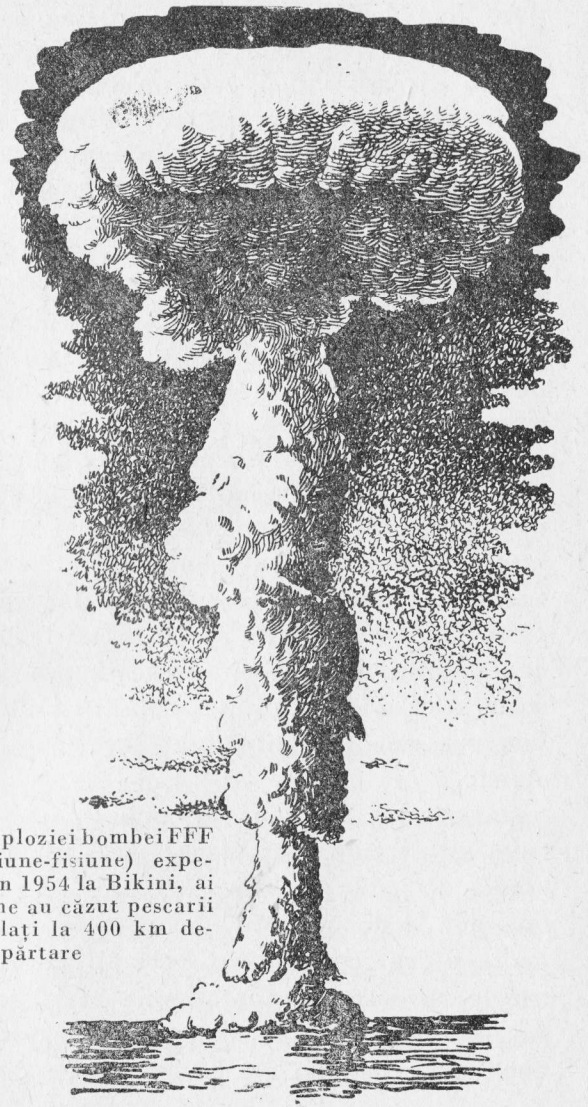
Unele persoane care se găseau la distanțe mari de locul exploziei păreau a fi scăpat de efectul distrugător al exploziilor. Ele nu prezentau nici o tulburare, dar copiii născuți din asemenea părinți, care au suferit efectul radiațiilor atomice, prezentau adesea numeroase deformații sau tulburări.

După un interval de cîțiva ani, cam o treime din cei care au suferit de boala actinică aveau cataracte (albeața ochiului). Unii și-au pierdut cu totul vederea din această cauză.

Oamenii de știință japonezi au mai expus numeroase date de observație cu privire la cei 34 de pescari ce se găseau la 400 km de locul exploziei de pe insula Bikini, în anul 1954. Se știe că această explozie a fost provocată în scop experimental de forțele armate americane.

Explozia a creat un enorm crater și a aruncat în aer o enormă cantitate de pămînt evaluată la 30 milioane tone. Pămîntul pulverizat este amestecat cu corpuri radioactive provenite de la încărcătura bombei. Particulele cele mai fine sînt antrenate de vînt și purtate prin atmosferă sub formă de nori (nori radioactivi), iar cele mai grele revin pe pămînt în apropiere și la o anumită distanță de centrul exploziei, constituind ceea ce se numește cenușa radioactivă. Această cenușă a prins lotul pescarilor care au căzut victime exploziei. Efectul s-a manifestat prin scăderea numărului de globule din sînge. Astfel ei aveau doar 2000 globule albe într-un milimetru cub de sînge. Acest număr redus reprezintă o scădere importantă față de cele 6000—8000 de globule albe care se găsesc într-un milimetru de sînge la un om normal. La unii s-au ivit tulburări grave ale ficatului și au murit de icter.

Explozia bombei cu hidrogen a fost însoțită de o creștere puternică a concentrației elementelor radioactive din apele Oceanului Pacific și ale Mării Japoniei. Timp de opt luni, peștii care erau pescuiți în aceste ape nu au putut să fie consumați din cauza conținutului lor ridicat de substanțe radioac-



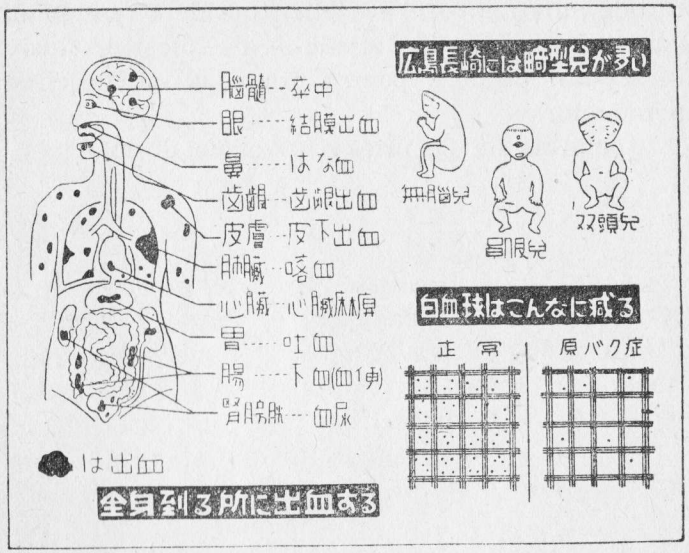
Aspectul exploziei bombei FFF (fisiune-fusiune-fisiune) experimentată în 1954 la Bikini, ai cărei victime au căzut pescarii japonezi aflați la 400 km depărtare

tive. Zeci de milioane de kilograme de pește au fost aruncate. Aceasta a constituit o pagubă grea pentru pescarii săraci, care nu au un alt mijloc de existență în afară de pescuit. În genere, poporul japonez a avut mult de suferit de pe urma experiențelor cu bomba atomică și cu hidrogen, efectuate în Oceanul Pacific, căci hrana de bază a poporului japonez este peștele. La mai bine după un an de la explozia descrisă, s-a constatat că peștele, animalele marine și algele prezentau încă o radioactivitate ridicată. Consumul lor, un timp mai îndelungat, putea să influențeze nefavorabil sănătatea populației.

Meteorologii japonezi au observat la mai multe zile de la explozie apariția unor ploi radioactive. Urmările acestora se manifestau prin stricarea culturilor de ceai, porumb sau legume.

Tabloul sumbru al suferințelor îndurate de poporul japonez ne ajută să ne facem o idee asupra nenorocirilor care se pot abate asupra omenirii în cazul în care ațîțătorii la război ar izbuti să dezlănțuie cel mai cumplit dintre măceluri : războiul atomic.

Dar aceștia sînt doar un pumn de oameni. Împotriva lor se ridică, asemenea unui zid de nebiruit, voința de pace a tuturor popoarelor lumii. Voința unanimă și de neclintit a popoarelor care vor să apere pacea reprezintă o forță atît de uriașă cum istoria nu a mai cunoscut pînă în zilele noastre. Această forță își va impune voința, împiedicînd uneltirile criminale ale acelui pumn de profitori



Acest afiș japonez explică ravagiile cauzate de radiațiile atomice. Se arată regiunile cele mai afectate (pielea, mucoasa tubului digestiv, organele de formare a sîngelui, glandele sexuale etc.) precum și efectele biologice și genetice pe termen lung (copii născuți morți, monștri etc.)

care visează să-și mărească averile pe seama suferințelor întregii omeniri.

În fruntea luptei pentru pace se află Uniunea Sovietică. Deși tainele atomului sînt bine cunoscute astăzi fizicienilor sovietici și cu toate că însăși statele occidentale recunosc superioritatea Uniunii Sovietice în domeniul armelor nucleare — totuși marea țară a socialismului militează activ pentru interzicerea folosirii acestor arme. Partidul Comunist al Uniunii Sovietice și guvernul sovietic, ală-

turi de întreg poporul sovietic, consideră că atomul, cu uriașa sa energie, trebuie să fie folosit exclusiv în scopuri pașnice, pentru progresul și fericirea popoarelor.

Atomul să ne fie prieten — și nu dușman !

MEDICINA VIITORULUI

Multe sînt întrebuințările care i se dau astăzi energiei atomice în medicină. Pentru cercetarea felului cum funcționează organismul, pentru a pune diagnosticul unora din cele mai grele boli, pentru a alina suferințele, energia atomică este astăzi folosită pe scară tot mai mare.

Ce ne rezervă viitorul în această privință ?

E greu de spus.

Greu, pentru că abia de curînd oamenii au început să folosească din plin și cu curaj energia atomică în scopuri medicale. Greu, pentru că nici azi nu sînt încă pe deplin lămurite modul de acțiune al radiațiilor radioactive și cauza transformărilor provocate de ele.

A prevedea utilizările în medicină pe care le va primi energia atomică într-un viitor mai îndepărtat este destul de anevoios. Căile de dezvoltare ale cercetărilor în acest domeniu sînt prea numeroase și prea variate.

În schimb, este cu mult mai ușor să ne gîndim la aplicațiile mai apropiate ale energiei atomice în medicină. Acestea ne sînt indicate chiar de drumurile deschise dar încă nebătătorite ale studiilor în ceea ce privește radiațiile radioactive.

Dar medicina viitorului nu se va bizui, firește, numai pe folosirea energiei atomice. Multe alte metode noi de cercetare și de tratament — ca de pildă, suspendarea vieții și apoi reluarea ei, sau ca influențarea de la distanță a organismului omului prin curenți electrici — vor fi mînuite cu iscusință de medicii viitorului. Ele nu pot fi despărțite și e limpede că atunci cînd vrem să aruncăm o privire asupra viitorului trebuie să luăm în considerare și utilizarea energiei atomice în medicină, alături de alte cuceriri ale științei. E lesne de înțeles că perfecționarea mijloacelor de care dispun medicii va avea ca urmare o îmbunătățire considerabilă a stării sănătății oamenilor.

Chiar de pe acum, durata mijlocie de viață a omului în Europa a crescut. Astfel, în ultimul secol, ea a sporit cu 20—25%. Desigur că aceasta se datorește în bună parte progresului și descoperirilor realizate de savanți ca Pasteur, Mecinikov, Koch, ce au izbutit să identifice și să studieze microbii care provoacă diferitele boli precum și mecanismele de apărare ale organismelor. Pe baza acestor descoperiri, medicii au putut organiza lupta împotriva unor epidemii care înainte ucideau zeci și sute de mii de oameni. Descoperirea antibioticelor (penicilină, streptomicină etc.) de asemenea a înarmat medicii cu arme deosebit de prețioase în lupta împotriva morții, în lupta pentru prelungirea vieții. E lesne de înțeles că noile descoperiri ale științei vor oferi medicinii viitorului mijloace foarte puternice pentru a apăra sănătatea oamenilor, pentru a le prelungi viața, pentru a le întări vitalitatea.

Unii savanți au încercat ca, unind fantezia cu cunoștințele actuale ale științei, să arunce o privire în viitorul medicinei. Deosebit de interesante sînt previziunile savantului sovietic, profesorul I. Frolov. Acesta evocă într-un mod sugestiv și plin de optimism înfățișarea societății și a oamenilor care vor trăi la sfîrșitul secolului al XX-lea. Iată cîteva fragmente din articolul său :

„Cît de mult se va îmbunătăți sănătatea poporului și cît de mult va crește longevitatea omului, atunci cînd vor fi utilizate în măsură completă bogatele resurse ale erei atomice !

Cît de mult va crește puterea științei medicale, cînd lupta împotriva bolilor se va sprijini pe descoperirile noii științe — radiobiologia, pe posibilitatea de reanimare a organismului, pe larga aplicare a hipotermiei și anabiozei, pe transmiterea la distanță a curenților electrici de acțiune în organismul omului !

Cît de mult va crește bunăstarea și, prin urmare, și sănătatea popoarelor, cînd omul va schimba geografia pămîntului nu numai pe a șasea parte din planeta noastră și cînd forțele active transformatoare, ale societății comuniste, vor asana teritorii uriașe din univers !

Reflectînd la toate acestea, mobilizînd imaginația noastră creatoare, vom încerca să aruncăm o privire în viitor și să ne imaginăm înfățișarea oamenilor de la sfîrșitul secolului XX și începutul seco-

lului XXI, să ne imaginăm așa-zisele particularități fiziologice și normele igienice.

Care e înfățișarea exterioară a noului om?

Oamenii se dezvoltă în mod egal și armonios în ceea ce privește fizicul, psihicul și caracterul. Învățînd treptat să zboare cu o viteză superioară vitezei sunetului, utilizînd energia atomică pentru lărgirea dominației lor asupra naturii, ei au devenit mai puternici decît strămoșii lor. Circulația lor sanghină e admirabilă, vocea lor e plăcută, sînt totdeauna veseli...

...Energia atomică și radioactivitatea artificială au asigurat un control perfect al calității și valorii complete a alimentației. Păstrîndu-și valoarea calorică, produsele alimentare vechi și noi sînt lipsite acum de multe substanțe dăunătoare...

Biochimiștii din secolul al XXI-lea au reușit să producă artificial glucidele și chiar proteinele: acest lucru a dus la crearea unui mai mare număr de produse alimentare noi, de volum mai mic decît pîinea și carnea, dar cu aceeași înaltă valoare calorică, și tot atît de utile. Menținerea integrității funcțiunilor secretorii și motorii ale tubului digestiv este favorizată de consumul permanent de fructe și legume. Totodată, tubul intestinal a dobîndit și funcții cu totul noi, legate de utilizarea proprietăților deosebite ale „apei grele" — în compoziția căreia intră deuteriul. Introdus în concentrații foarte mici în apa obișnuită, utilizată pentru băut, acest izotop al hidrogenului a început să aibă în organism o funcție necunoscută înainte și anume, funcția de inhibiție a proceselor de dezasi-

milație, de descompunere a substanțelor în organism. Iată de ce oamenii anului 2000 au o statură care o întrece pe cea mijlocie. Ei sînt sănătoși indiferent de vîrstă, deși mulți din ei au peste o sută de ani."

Poate că veți zîmbi, citind unele din afirmațiile de mai sus. Vi se par prea fantastice, de necrezut! Bine, să zicem că ele nu se vor realiza în secolul al XXI-lea, ci în următorul. Nu are importanță!...

Pasajele reproduse mai sus ne arată, pe de o parte, minunatele perspective care se deschid omenirii datorită utilizării pașnice a energiei atomice și a celorlalte cuceriri ale științei contemporane. Pe de altă parte, ele arată felul cum vede un om sovietic posibilitatea utilizării energiei atomice. Este limpede că nici un om sovietic nu ar putea concepe folosirea acestei minunate cuceriri a minții omenești în scopul distrugerii în masă a oamenilor. Lupta consecventă și neobosită a Uniunii Sovietice pentru interzicerea necondiționată a folosirii armelor atomice demonstrează cu prisosință poziția oamenilor sovietici în această problemă. Energia atomică trebuie pusă în mod exclusiv în slujba vieții și a omului.

Uniunea Sovietică pune fără rezerve la dispoziția tuturor țărilor imensa experiență pe care au acumulat-o savanții și tehnicienii sovietici. Referatele și lucrările sovietice expuse la Conferința de la Geneva în 1955 au stîrnit interesul și admirația delegațiilor tuturor țărilor prezente la acea conferință. Atitudinea Uniunii Sovietice în dome-

niul folosirii pașnice a energiei atomice constituie un stimulent pentru savanții din toate țările, care luptă pentru aplicarea energiei atomice în interesul societății omenești.

Măreață este victoria strălucită a savanților care, descoperind structura materiei, au făcut posibilă utilizarea energiei uriașe a atomului, în folosul oamenilor.

Energia nucleară pune la îndemînă metode și procedee de cercetare cu totul noi în toate domeniile științei. Metodele de cercetare au un rol însemnat în realizarea progresului necontenit al cunoștințelor noastre. Cu ajutorul acestor metode noi, fizicienii, chimiștii, biologii și medicii vor putea studia și înțelege o serie de fenomene care pînă în prezent, datorită imperfecțiunii metodelor de cercetare, au rămas neexplicate.

Energia nucleară deschide omenirii perspective din cele mai largi și mai luminoase pentru un viitor mai bun. Datorită acestei forțe imense, munca fizică va ocupa un loc tot mai restrîns în activitatea omului. Oamenii vor dispune și de mai mult timp liber pentru a se instrui, pentru distracție și odihnă. Biologii și medicii vor găsi mijloace, cu mult mai perfecționate decît cele de care dispun astăzi, pentru a înlătura o serie de boli, pentru a prelungi viața, pentru a asigura oamenilor sănătate și vigoare.

Mai mult încă : utilizînd în scopuri pașnice energia atomică, oamenii vor putea schimba însăși fața pămîntului, mărind considerabil producția de bunuri necesare omenirii.

Omenirea va ști să impună utilizarea energiei atomice numai în scopuri pașnice.

Oamenii epocii noastre trăiesc începutul unei noi ere istorice în evoluția umanității. Pretutindeni, fizicienii, biologii, tehnicienii, medicii studiază cu rîvnă fenomenele radioactivității, stabilind noi modalități pentru aplicarea energiei atomice în scopuri pașnice.

Țara noastră dispune de importante resurse naturale pentru dezvoltarea acestei ramuri de activitate, primind un ajutor prețios din partea Uniunii Sovietice. Cu ajutorul tehnico-științific sovietic, fizicienii, chimiștii, biologii și medicii din țara noastră se străduiesc să-și însușească cunoștințele din domeniul energiei nucleare și să creeze condiții pentru aplicarea ei în scopul progresului necontenit al patriei noastre.

Cu sprijinul Uniunii Sovietice, în țara noastră a fost construit primul reactor nuclear și primul accelerator de particule. Izotopii despre care s-a vorbit pe larg în paginile acestei cărți sînt fabricați astăzi în țara noastră.

Farul roșu care s-a aprins deasupra clădirii reactorului nuclear, indicînd „zonă interzisă", marchează o măreață victorie a științei și tehnicii puse în slujba progresului, a omului, a vieții.

CUPRINS

INTRODUCERE. 5

VĂ PREZENTĂM EROUL ACESTEI CĂRȚI

Atomul, pe care nimeni nu l-a văzut 9
Să facem cunoștință cu izotopii 18
Povestea unei zile înnorate 23
„Așadar, ce este radioactivitatea ?" 31
„Uzinele" de izotopi 40
Ce trebuie să știm despre radiații ? 47
Recensăminte în lumea atomilor 55

ATOMUL ȘI VIAȚA

Radiațiile și celula vie 65
Efecte primejdioase 73
Pericol și securitate. La granița pericolului . . . 80
Bariere în calea invizibilului 84
Semnalizatori ai pericolului 92
Măsuri suplimentare 97

PĂTRUNDEM ÎN CÎTEVA DIN TAINELE VIEȚII

Un ajutor prețios — izotopul radioactiv 101
Alimentele — izvor de energie 103
Metabolismul și izotopii 107
Cifre record ! 117
Izotopii în studiul bolilor 127
Viața globulelor roșii 131
...În bolile de nutriție 134
Lupta contra tuberculozei și a leprei 138

DIAGNOSTIC RADIOACTIV

Locuințe preferate 140
Controlul inimii și al circulației 146

Hiper sau hipotiroidian ? 152
Semnalizatori ai cancerului 157
Dar cum vom reuși să diagnosticăm tumorile canceroase cu ajutorul izotopilor ? 158

O ARMĂ ÎMPOTRIVA SUFERINȚEI

Cum atacăm 166
Substanțe radioactive sub formă coloidală 170
Atac dinăuntru și din afară 171
În luptă cu cancerul 173
Radiul cedează locul izotopilor 175
Cu izotopii... la atac 178
Tunul radioactiv în funcțiune 189
Să facem cunoștință cu „GUT-400" 193
Bisturiul invibizil 198
Izotopii radioactivi în tratamentul bolilor de piele . . 199
Tratamentul unor boli de ochi 204

IZOTOPII RADIOACTIVI ÎN AJUTORUL IGIENEI

Igiena, știința care ajută la prelungirea vieții . . . 207
Atomii marcați în igiena muncii 209
Lupta contra prafului industrial 211
În igiena alimentară 213
Insecte „marcate" 215
Radiațiile omoară microbii 218

IZOTOPII RADIOACTIVI VEGHEAZĂ

Un ajutor prețios : poloniu 210 221
Un detectiv cu privirea ageră 226
Atenție, gaze otrăvitoare ! 229

DUȘMAN SAU PRIETEN 236

MEDICINA VIITORULUI 249